

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2006年10月19日 (19.10.2006)

PCT

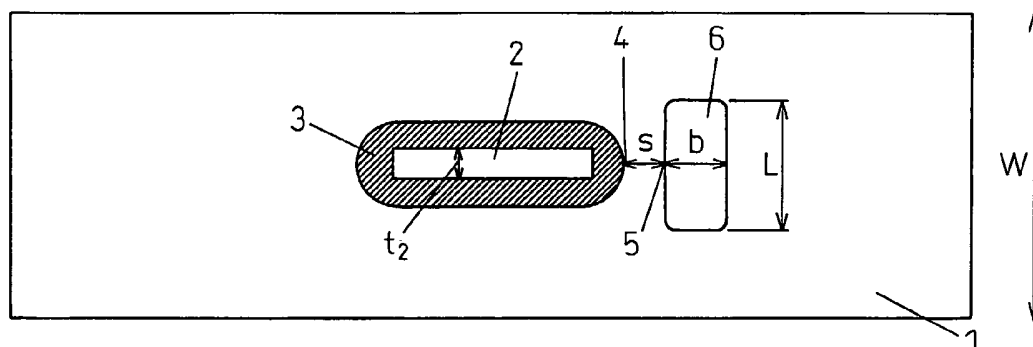
(10) 国際公開番号
WO 2006/109873 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 31/00 (2006.01) *B23K 9/235* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/307897
- (22) 国際出願日: 2006年4月7日 (07.04.2006)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2005-111630 2005年4月8日 (08.04.2005) JP
特願2005-122413 2005年4月20日 (20.04.2005) JP
特願2006-102763 2006年4月4日 (04.04.2006) JP
特願2006-103370 2006年4月4日 (04.04.2006) JP
特願2006-103513 2006年4月4日 (04.04.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 新日本製鐵株式会社 (NIPPON STEEL CORPORATION)
- [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区大手町二丁目6番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 島貫 広志 (SHI-MANUKI, Hiroshi) [JP/JP]; 〒2938511 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内 Chiba (JP). 中島 清孝 (NAKASHIMA, Kiyotaka) [JP/JP]; 〒8708566 大分県大分市大字西ノ洲1番地 新日本製鐵株式会社 大分製鐵所内 Oita (JP). 野瀬 哲郎 (NOSE, Tetsuro) [JP/JP]; 〒2938511 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内 Chiba (JP).
- (74) 代理人: 青木 篤, 外 (AOKI, Atsushi et al.); 〒1058423 東京都港区虎ノ門三丁目5番1号 虎ノ門37森ビル 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).

/ 続葉有 /

(54) Title: METAL MEMBER AND METAL PLATE MEMBER HAVING DIFFERENT WIDTH EXCELLENT IN FATIGUE CRACK DEVELOPMENT AND PROPAGATION SUPPRESSING CHARACTERISTICS, METHOD OF MANUFACTURING THESE METAL MEMBERS, AND METAL STRUCTURE HAVING THESE METAL MEMBERS

(54) 発明の名称: 疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた金属部材および異幅金属板部材およびその製造方法ならびにそれらを有する金属製構造物



(57) Abstract: A metal member or a metal structure used for buildings, ships, bridges, construction machinery, and offshore structures and excellent in fatigue crack development and propagation suppressing property and method of manufacturing the metal member and the metal structure. The metal member or the metal structure is formed in such a shape that a plate-like metal rib with a length of (l), a height of (h), and a thickness of (t_2) is projected from a metal main plate or a metal main tube with a thickness of (t_1). The metal member or the metal structure is characterized by comprising a dent with a compressive strain of 0.5 to 25% in a plate thickness direction at a position apart a distance (s) of $t_2/4$ to $4 \cdot t_2$ from a rib plate end part where the main plate or the main tube crosses the rib in a direction parallel with an outside maximum tensile stress, the size of the dent is such that the length (b) thereof from that position is $t_2/4$ to $4 \cdot t_2$ in the direction parallel with the outside maximum tensile stress, and the length (L) thereof in a direction vertical to the outside maximum tensile stress with respect to that position is $t_2/2$ to $(5/8)W$, and a compressive residual stress acts on the rib plate end part where the main plate or the main tube crosses the rib plate by the dent, where (W) is the width of the main plate or the outer peripheral length of the main tube.

(57) 要約: 本発明は、建築、造船、橋梁、建設機械、海洋構造物などに用いられる、疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた金属部材または金属製構造物とそれらの製造方法を提供するものであって、厚み t_1 の金属製の主板または主管か

/ 続葉有 /



(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

ら、長さ l 、高さ h 、厚み t_2 の板状の金属製リブが突き出た形状を有する金属部材または金属製構造物であって、前記主板または主管と前記リブの交差するリブ板端部から外部最大引張応力方向と平行な距離 s が $t_2/4$ 以上 $4 \cdot t_2$ 以下である位置に、該位置から外部最大引張応力方向と平行の長さ b が $t_2/4$ 以上 $4 \cdot t_2$ 以下、該位置を中心として外部最大引張応力方向と垂直の長さ l が $t_2/2$ 以上 $(5/8)W$ 以下である、板厚方向圧縮歪が 0.5% 以上 2.5% 以下の圧痕を有し、該圧痕により、前記主板または主管とリブ板が交差するリブ板端部に圧縮残留応力が働いていることを特徴とする。但し、 W は、主板の幅又は主管の外周長である。

明 細 書

疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた金属部材および異幅金属板部材およびその製造方法ならびにそれらを有する金属製構造物

技術分野

本発明は、建築、造船、橋梁、建設機械、海洋構造物、自動車などの面外ガセットや、補剛や補強リブなどのように、例えばリブの長さ方向に、くり返し荷重を受け、疲労き裂の発生や伝播が懸念される構造用の金属部材として好適な、疲労き裂発生・進展を抑止する特性に優れた金属部材および異幅金属部材およびその製造方法ならびにこれらの金属部材を有する金属製構造物に関する。

背景技術

金属部材や金属製構造物には、溶接、接着、鋳造、鍛造や種々の塑性加工など種々の方法によってリブ板が取り付けられている。構造上応力集中部となるリブが取り付けである部位であって、リブ長さ方向の端部は部品や構造物に作用する繰返し荷重により、疲労き裂の発生や進展が懸念される。特に溶接リブの長さ方向の端部のトウは溶接残留応力と応力集中が重畳するため疲労き裂発生が起こりやすく、部品や構造物寿命に関係する問題となることが多い。

金属部材や金属製構造物の疲労き裂発生防止の従来技術として古くから、疲労き裂の発生する応力集中部に熱処理を施し残留応力を除去する方法や、たとえば特開平０５－０６９１２８号公報などに、グラインダーなどの装置を用いた切削処理により溶接トウ部の形状を滑らかにし応力集中を低下させる方法に関する発明が知られている。また、たとえば特開２００３－００１４７６号公報、特開２

003-001477号公報などに、ピーニング処理により溶接トウ部を叩くことにより塑性加工を加え、溶接残留応力の低減とトウ部の形状を改善する方法に関する発明などが開示され、広く用いられて疲労き裂の発生特性を改善させている。

このほかにも、残留応力を解放させるための溶接部近傍に熱を加えながら溶接する方法（特開平11-147193号公報参照。）や回し溶接継手の溶接順番を考慮して残留応力を下げたもの（特開平08-19860号公報、特開平08-155635号公報参照。）付加溶接や線状加熱によって残留応力分布を変化させるもの（特開平08-118012号公報、特開平08-112688号公報参照）や、溶接部の形状に工夫を加えることで応力集中を小さくするもの（特開平08-267234号公報参照。）などが開示されている。

従来技術の熱処理による方法は大型構造物など現地で施工する場合には、熱処理の設備を施工する場所へ搬送する必要がある。しかし、設備が大型となることが多く搬送困難である場合が多いことや、構造物自体の熱容量が大きく非効率である場合も多く、適用することが難しい。切削処理による方法では溶接されていない場合には疲労き裂の発生防止に効果的であるが、溶接部の場合、溶接残留応力の除去ができないため、溶接トウ部に引張の溶接残留応力が残ってしまい、疲労き裂発生の防止効果は限定的である。ピーニング処理は応力集中部の極表層だけを叩くため、応力集中部の表層に圧縮の残留応力を発生させることが出来る上に、応力集中部の形状を滑らかにすることができるため、応力集中を小さくすることも可能であり、溶接部のトウ部にも適用でき、疲労き裂の発生特性向上に効果的である。しかし、圧縮応力の作用する部位は叩いた部位近傍に限られるため、ひとたび疲労き裂が発生してしまうと疲労き裂の進

展防止には効果が小さいと考えられる。

一方、残留応力を解放させるための溶接部近傍に熱を加えながら溶接する方法では主板に加熱による材質劣化の懸念が生じる。回し溶接継ぎ手の溶接順番を考慮して残留応力を下げたものでは最終ビードによる引張残留応力は回避できない。付加溶接や線状加熱によって残留応力分布を変化させるものは条件の管理が難しく、予期していない部分からのき裂の発生が懸念される。溶接部の形状に工夫を加えることで応力集中を小さくするものでは大きな欠陥が溶接部内に残ることになりその寸法を施工後確認するのが難しいなどの欠点があった。

一般に、建築、造船、橋梁、建設機械、海洋構造物などの溶接構造物に用いられる溶接継手形状として、2枚の鋼板を垂直に組み合わせた端部を溶接する面外ガセット溶接継手が多く用いられている。溶接方法としては、アーク溶接、プラズマ溶接をはじめ、レーザ溶接や電子ビーム溶接など、多種多様な溶接方法が適用されている。この面外ガセット溶接継手には、風や波、機械振動などによる繰り返し荷重がかかるため、疲労強度の向上が極めて重要である。また、建築、造船、橋梁、建設機械、海洋構造物、自動車などの部品や構造には複数の幅を有する長尺異幅金属板部材が多数使用されている。さらに、たとえば、二枚の長さの異なる金属板の側面同士をほぼ同一平面で溶接接合する面内ガセット継手のように金属板にほかの金属板を溶接して幅急変部を構成した部材も多数使用されている。この溶接方法としては、アーク溶接、プラズマ溶接をはじめ、レーザ溶接や電子ビーム溶接など、多種多様な溶接方法が適用されている。

板面に平行に作用する荷重に対して幅急変部は応力集中部となるため、他の部位より大きな応力が作用する上に、風や波、機械振動

などによる繰り返し荷重がかかる場合、異幅金属板部材の疲労強度の向上が極めて重要である。特に、面内ガセット継手のように溶接がなされる場合には、さらに、溶接残留応力が疲労強度を低下させることがよく知られている。幅急変部の疲労強度向上方法としては、グラインディング等応力集中をできるだけ小さくする工夫や熱処理により表層部に圧縮の残留応力を発生させる方法などが考えられる。

溶接後の後処理による溶接ビード形状や溶接部の疲労強度の向上手法として、(1) グラインディング、(2) T I Gドレッシング、(3) ショットピーニング、(4) ハンマーピーニング、(5) 超音波衝撃処理等が用いられる。さらには、溶接ビードと母材との熱収縮差を利用して圧縮残留応力を導入する(6) 低変態温度溶接材料による溶接が用いられる。

しかし、グラインディングは形状を滑らかにすることにより応力集中を低下させるものであり、T I Gドレッシングは、溶接ビードの形状をよくするものであるが、いずれも著しく作業効率が悪かった。また、熱処理についても条件が難しいことも多く、そもそも適用できない金属も多数ある。

ショットピーニング、ハンマーピーニング、超音波衝撃処理は、疲労強度向上効果はあるが、ショットピーニングは巨大な機械が必要であるため施工現場などで実施することは困難である。ハンマーピーニングは反動が大きく、処理結果が安定せず、時にはかえってプレス成形性や疲労強度を低下させてしまうことがある。さらに、このハンマーピーニングは、あまりに大きな塑性変形を与えるために、薄い板に対しては使いにくいという欠点もあった。超音波衝撃処理については、例えば、特開2003-1477号公報に、超音波振動子で溶接止端部を直接打撃して圧縮残留応力を導入すること

により疲労強度を向上させる発明が開示されているが適用にあたっては電源や水道等の種々のユーティリティが必要となる。これらショットピーニング、ハンマーピーニング、超音波衝撃処理等のピーニング処理では、導入する残留応力が表層部に限定されるため、処理部に溶接欠陥やき裂などが存在する場合には効果があまり期待できないという問題点があった。さらに、グラインディングやハンマーピーニングは、数Hzの低周波の機械加工を継手部に施すため加工表面の凹凸が激しく、その凹部に応力が集中する。このため継手部に繰り返し荷重がかかると、この応力集中部からき裂が生じて継手全体の疲労強度が低下するという問題点があった。

また、低変態温度溶接材料による溶接は、例えば、特開平11-138290号公報に、溶接金属の室温付近でのマルテンサイト変態膨張を利用して圧縮残留応力を導入し疲労強度が向上することが報告されている。しかし、低変態温度溶接材料は高合金であるため、コスト増をもたらす上に、溶接作業性が著しく悪いため溶接止端形状が悪くなり、かえって疲労強度が低下するという処理結果の不安定性の問題点があった。

以上のように、従来の疲労強度の向上技術を、幅急変部を持つ金属板の応力集中部に採用することは可能ではあるが、コストが高いことや作業性が良好でないこと、十分な効果が得られない場合があることなどの問題があった。

また、従来の疲労強度の向上技術を、面外ガセット溶接継手に採用することは困難であり、たとえ採用できても疲労強度向上代が低いレベルに留まっていた。

また、溶接を行わずに製造した面外ガセット溶接継手形状に準じる形状を持つ金属部品においても主板または主管とリブ板が交差するリブ板端部は応力集中部となるため、疲労き裂が発生することが

多く、溶接部の場合と同様、従来の疲労強度向上方法に関して問題点があった。

また、従来の疲労強度の向上技術を、幅急変部を持つ金属板の応力集中部に採用することは可能ではあるが、コストが高いことや作業性が良好でないこと、十分な効果が得られない場合があることなどの問題があった。

発明の開示

本発明は、前述のような従来技術の問題点を解決し、建築、造船、橋梁、建設機械、海洋構造物、自動車などの溶接構造物に用いられ、くり返し荷重を受ける部材として疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた金属部材または金属製構造物とそれらの製造方法を提供することを課題とする。また、本発明は、金属部材や金属製構造物の表面であって、金属製リブの長さ方向端部と交わる応力集中部付近を簡易な方法で圧縮応力状態にすることで、該応力集中部からの疲労き裂の発生と進展を抑制し、疲労き裂の発生や進展に対する抵抗を大きくすることのできる、疲労き裂の発生・進展抑止特性に優れた金属製構造物およびそれらの製造方法を提供することを課題とする。

本発明は前述の課題を解決するために鋭意検討の結果なされたものであり、その要旨とするところは以下のとおりである。

(1) 厚み t_1 の金属製の主板または主管から、長さ l 、高さ h 、厚み t_2 の板状の金属製リブが突き出た形状を有する金属部材であって、前記主板または主管と前記リブの交差するリブ板端部から外部最大引張応力方向と平行な距離 s が $t_2/4$ 以上 $4 \times t_2$ 以下である前記主板または主管上の位置に、該位置から外部最大引張応力方向と平行な長さ b が $t_2/4$ 以上 $4 \times t_2$ 以下、該位置を中心とし

て外部最大引張応力方向と垂直方向の長さ L が $t_2/2$ 以上 ($5/8$) W 以下である、板厚方向圧縮歪が 0.5% 以上 25% 以下の圧痕を有し、該圧痕により、前記主板または主管とリブ板が交差するリブ板端部に圧縮残留応力が働いていることを特徴とするリブ端部から主板または主管への疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた金属部材。ただし、 W は、主板の幅又は主管の外周長である。

(2) 厚み t_1 の金属製の主板または主管の表面に、長さ l 、高さ h 、厚み t_2 の板状の金属製リブが突き出た形状を有する金属部材であって、該リブの厚み t_2 が 1 mm 以上、高さ h が $3t_2$ 以上であり、該リブの長さ方向の端部にリブの厚み方向に圧縮予歪部を形成した金属部材であって、該圧縮予歪部は、板厚方向圧縮歪が 0.5% 以上 25% 以下であり、リブ面上に占める面積 p が $0.67t_2^2$ 以上であり、リブ長さ方向寸法 k が $0.5t_2$ 以上 $3(t_2 \cdot t_1)^{0.5}$ 以下であり、リブ高さ方向寸法 d が $0.5t_2$ 以上 $0.5h$ 以下であり、その重心位置と前記主板または主管との距離 a が $0.5h$ 以下かつ $3t_2$ 以下であり、その端部からリブ長さ方向端部までの距離 e がリブの厚み t_2 より小さいものであり、さらに、該圧縮予歪により、前記リブの長さ方向端部であって、前記主板または主管と交差する部分に、圧縮残留応力が働いていることを特徴とする、リブ端部から主板または主管への疲労き裂の発生・進展抑止特性に優れた金属部材。

(3) 前記リブが溶接により前記主板または主管に接合されており、リブおよび溶接部の降伏強度が主板または主管の降伏強度の 95% 以上であり、リブの引張強度が主板または主管の引張強度より大きく、リブの溶接部がリブ端部から $2h$ 以上の距離に亘ってのど厚が $0.5t_2$ 以上であることを特徴とする、(2) に記載の疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた金属部材。

(4) (1) ~ (3) のいずれかに記載の金属部材を有することを特徴とする疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた金属製構造物。

(5) 厚み t_1 の金属製の主板または主管の表面に、長さ l 、高さ h 、厚み t_2 の板状の金属製リブを形成した後、板厚方向圧縮歪が 0.5 % 以上 25 % 以下の圧痕を、前記主板または主管と前記リブの交差するリブ板端部から外部最大引張応力方向と平行な距離 s が $t_2/4$ 以上 $4 \times t_2$ 以下である主板または主管上の位置に、該位置から外部最大引張応力方向と平行な長さ b が $t_2/4$ 以上 $4 \times t_2$ 以下、該位置を中心として外部最大引張応力方向と垂直方向の長さ L が $t_2/2$ 以上 $(5/8)W$ 以下となる寸法で形成することを特徴とするリブ端部から主板または主管への疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた金属部材の製造方法。ただし、 W は、主板の幅又は主管の外周長である。

(6) 厚み t_1 金属製の主板または主管の表面に、厚み t_2 が 1 mm 以上、高さ h が $3 t_2$ 以上で、長さ l の板状の金属性リブを形成した後、リブの板厚方向圧縮歪が 0.5 % 以上 25 % 以下の圧縮予歪部 3 を、そのリブ長さ方向寸法 k が $0.5 t_2$ 以上 $3(t_2 \cdot t_1)^{0.5}$ 以下であり、リブ高さ方向寸法 d が $0.5 t_2$ 以上 $0.5 h$ 以下であり、そのリブ面上に占める面積 p が $0.67 t_2^2$ 以上であるような圧痕形状で、その重心位置と前記主板または主管との距離 a が $0.5 h$ 以下かつ $3 t_2$ 以下であり、その端部からリブ長さ方向端部までの距離 e がリブの厚み t_2 より小さい位置に形成することを特徴とする、疲労き裂の発生・進展抑止特性に優れた金属部材の製造方法。

(7) 複数の幅を有する板厚 t の長尺異幅金属板の材軸方向応力に対して応力集中部となる幅移行部の狭幅側コーナーから狭幅側の材軸方向に $t/4$ 以上 $3 t$ 以下の範囲で、且つ、狭幅側の金属板の

幅方向端面から $t/4$ 以上 $3t$ 以下の範囲に囲まれた領域に、面積が $0.16t^2$ 以上 $4t^2$ 以下の圧痕を有し、該圧痕の板厚方向圧縮歪が 0.5% 以上 25% 以下であることを特徴とする疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた異幅金属板部材。

(8) 複数の幅を有する板厚 t の長尺異幅金属板の材軸方向応力に対して応力集中部となる幅移行部の狭幅側コーナーから狭幅側の金属板端面を広幅側に延長した基準線の方に $t/4$ 以上 $3t$ 以下の範囲で、かつ、該基準線から外側に $3t$ 以下の範囲に囲まれた領域に、面積が $0.16t^2$ 以上 $4t^2$ 以下の圧痕を有し、該圧痕の板厚方向圧縮歪が 0.5% 以上 25% 以下であることを特徴とする疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた異幅金属板部材。

(9) 複数の幅を有する板厚 t の長尺異幅金属板の材軸方向応力に対して応力集中部となる幅移行部の狭幅側コーナーから狭幅側の金属板端面を広幅側に延長した基準線の位置に、金属板の突き合わせ溶接による溶接部を有することを特徴とする (7) または (8) に記載の疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた異幅金属板部材。

(10) 前記溶接部より外側の金属板は、前記溶接部より内側の金属板より高強度であり、かつ、板厚が内側金属板の板厚の 95% 以上であることを特徴とする (9) に記載の疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた異幅金属板部材。

(11) (7) ~ (10) のいずれかに記載の異幅金属板部材を有することを特徴とする疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた金属製構造物。

図面の簡単な説明

図1 (a) は、本発明における面外ガセット溶接継手の実施形態を示す平面図である。

図 1 (b) は、本発明における面外ガセット溶接継手の実施形態を示す側面図である。

図 2 は、本発明における面外ガセット溶接継手の主板長手方向の残留応力分布と距離 a の関係を説明する図である

図 3 は、本発明における面外ガセット溶接継手の主板長手方向の残留応力分布と板厚方向圧縮予歪量の関係を説明する図である。

図 4 (a) は、本実施例に用いた面外ガセット溶接継手を示す平面図である。

図 4 (b) は、本実施例に用いた面外ガセット溶接継手を示す側面図である。

図 5 は、本実施例に用いた角形ポンチによる圧縮負荷方法を示す図である。

図 6 は、本実施例に用いた丸形ポンチによる圧縮負荷方法を示す図である。

図 7 は、本発明の (2) に記載の溶接構造物を一部切り出した斜視図を模式的に示す図である。

図 8 は、本発明の (3) に記載の溶接構造物を一部切り出した斜視図を模式的に示す図である。

図 9 は、溶接部ののど厚を溶接部の断面図で模式的に示す図である。

図 10 は、圧縮予歪部の位置と寸法を決定するため解析を行った構造モデルを斜視図で模式的に示す図である。

図 11 は、モデル解析により得られた圧縮予歪後の応力分布を斜視図で示す図である。

図 12 は、モデル解析により得られた圧縮予歪を与えずに荷重を作用させた場合の応力分布を斜視図で示す図である。

図 13 は、モデル解析により得られた圧縮予歪付与後に荷重を作

用させた場合の応力分布を斜視図で示す図である。

図 1 4 は、圧縮予歪付与方法の例を斜視図で模式的に示す図である。

図 1 5 は、実施例 2 の試験片形状と試験方法を斜視図で模式的に示す図である。

図 1 6 は、実施例 3 の試験体形状と試験方法を斜視図で模式的に示す図である。

図 1 7 は、狭幅側に圧縮処理を施した場合の本発明の実施の形態を模式的に説明する斜視図である。

図 1 8 は、本発明により生じる残留応力の有限要素法解析による評価を行った部材形状を模式的に説明する斜視図である。

図 1 9 は、本発明に係る圧痕のつけ方を模式的に説明する斜視図である。

図 2 0 は、本発明に係る狭幅側につけた圧痕による応力集中部に生じる材軸方向残留応力分布の一例を、試験体に等高線表示させて説明する斜視図である。

図 2 1 は、図 2 0 の状態の試験体に、材軸方向応力を負荷した場合の応力集中部に生じる材軸方向残留応力分布の一例を、試験体に等高線表示させて説明する斜視図である。

図 2 2 は、圧痕をつけない試験体に、図 2 1 と同様に材軸方向応力を負荷した場合の応力集中部に生じる材軸方向残留応力分布の一例を、試験体に等高線表示させて説明する斜視図である。

図 2 3 は、本発明に係る圧痕により応力集中部に発生する残留応力と圧痕の圧縮歪の関係を模式的に示す図である。

図 2 4 は、広幅側に圧縮処理を施した場合の本発明の実施の形態を模式的に説明する斜視図である。

図 2 5 は、本発明に係る広幅側につけた圧痕による応力集中部に

生じる材軸方向残留応力分布の一例を、試験体に等高線表示させて説明する斜視図である。

図 2 6 は、図 2 5 の状態の試験体に、材軸方向応力を負荷した場合の応力集中部に生じる材軸方向残留応力分布の一例を、試験体に等高線表示させて説明する斜視図である。

図 2 7 は、本発明に係る面内ガセット溶接継ぎ手への圧縮処理を模式的に説明する斜視図である。

図 2 8 は、本発明の実施例 4 の試験体を模式的に示す斜視図である。

図 2 9 は、本発明の実施例 4 の疲労試験結果を示す図である。

図 3 0 は、本発明の実施例 5 の試験体を模式的に示す斜視図である。

図 3 1 は、本発明の実施例 5 の疲労試験結果を示す図である。

図 3 2 は、本発明の実施例 6 の試験体を模式的に示す斜視図である。

図 3 3 は、本発明の実施例 6 の疲労試験結果を示す図である。

図 3 4 は、本発明の実施例 7 の試験体を模式的に示す斜視図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明は、主板または主管の面外にリブ板を有する、或いは主板の面内に主板の幅と異なる幅の板材を有する金属板部材において、主板または主管の材軸方向に加えられた引張応力によって生じる応力集中部から所定の範囲内に、所要の大きさの圧縮予歪部を設けることによって、応力集中部における疲労き裂の発生、進展を抑止するものである。

以下において、主板または主管の面外にリブ板を有する場合であ

って、(i) 予歪部を主板または主管の所定位置に設けたものの場合、(ii) 予歪部をリブ板の所定位置に設けたものの場合、および、(iii) 主板の面内に主板と異なる幅の部分の有する金属板に圧縮予歪部を設けたものの場合、について説明する。

まず、主板または主管の面外にリブ板を有する場合であって、(i) 予歪部を主板または主管の所定位置に設けたものの場合、すなわち、本発明の(1)、(4)および(5)の実施の形態について、図1～図3を用いて詳細に説明する。

図1は、本発明における面外ガセット溶接継手の実施形態を示す図で、図1(a)は平面図、図1(b)は側面図である。

図1(a)、図1(b)において、主板1とリブ板2は、垂直に組み合わせられ、その周囲の回し溶接部3により溶接される。なお、主板1は管材であってもよく、リブ板2は主板1に対して正確に垂直ではなくても、また、主板の材軸方向と正確に平行ではなくても本発明の効果に大きな差はない。また、リブ板2は一体整形されていたり、溶接以外の方法によってつけられている場合でもよく、リブ板が主板や主管と一体になっている場合に本発明の効果が発揮される。

主板1は、溶接構造物の強度部材として用いられ、リブ板2は強度部材以外の用途に用いられる。

回し溶接を行うとき、溶接の入熱によって止端部に引張残留応力が発生する。このとき、リブ板の溶接継手または面外ガセット溶接継手が、回し溶接部3の止端部の接線と外部最大引張応力方向が垂直となる回し溶接止端部4から外部最大引張応力方向と平行な距離 s が $t_2/4$ 以上 $4 \cdot t_2$ 以下である位置5に、位置5から外部最大引張応力方向と平行な長さ b が $t_2/4$ 以上 $4 \cdot t_2$ 以下、位置5を中心として外部最大引張応力方向と垂直の長さ L が $t_2/2$ 以上(

5 / 8) W 以下である、板厚方向圧縮歪が 0.5 % 以上 25 % 以下の圧痕 6 を有することによって、止端部 4 の引張残留応力が圧縮残留応力に変化し、疲労寿命が大幅に向上する。但し、 W は、主板の幅であり、主管の場合は外周長である。

距離 s を $t_2 / 4$ 以上 $4 \cdot t_2$ 以下としたのは、 $t_2 / 4$ 未満では、圧縮残留応力が形成されにくいことと、圧縮予歪付与部の変形により溶接止端部も変形してしまう可能性があり、き裂を誘発する可能性があるためであり、また $4 \cdot t_2$ を超えても圧縮残留応力が形成されず、本発明の効果が減少するからである。

なお、図 1 (a)、図 1 (b) では溶接継手を例として取り上げたが、溶接ではなく、リブ板が主板と一体ものとして作製された形状であっても同様の効果がある。

図 2 は、主板 1 の板厚 t_1 が 25 mm、リブ板 2 の板厚 t_2 が 12 mm、 b が 12 mm、 L が 50 mm の圧痕の形状、板厚方向圧縮予歪が 1.25 % のときの主板長手方向の残留応力分布と回し溶接止端部 4 からの距離 s の関係を有限要素法解析により求めた図である。なお、主板 1 とリブ板 2 の降伏応力は 330 MPa とし、初期の溶接残留応力分布は考慮していない。

図 2 に示すように本発明によれば、回し溶接止端部 4 の残留応力を効率良く低下させることができ、疲労寿命を著しく向上させることができる。

長さ b を $t_2 / 4$ 以上としたのは、 $t_2 / 4$ 未満では、疲労強度向上に十分な圧縮残留応力が形成されないからである。しかし、 b を大きくすることは、圧縮残留応力の形成において問題はないが、圧縮予歪を付与するときの荷重が大きくなり、十分な圧縮予歪を付与することが困難となること、主板または主管に働く材軸方向の荷重で主板または主管降伏する荷重が低下することがあるため $4 \cdot t_2$

を上限とした。

長さ L をリブ板 2 の板厚 t_2 の $1/2$ 以上 ($5/8$) W 以下としたのは、 t の $1/2$ 未満では、回し溶接止端全域に圧縮残留応力が形成されず、疲労寿命の向上効果があまり得られないからである。また、($5/8$) W 以下としたのは L を大きくしすぎると圧縮予歪により部材全体が降伏し、位置 4 に十分な圧縮応力が発生しなくなるためである。 L が大きすぎると圧縮予歪の荷重が増大するため、溶接部であれば高々 t_2 に回し溶接脚長の 2 倍を足した程度の長さにすることが望ましい。なお、 W は主板の幅または主管の外周長である。

板厚方向圧縮予歪を 0.5% 以上 25% 以下としたのは、0.5% 未満では、圧縮残留応力が十分形成されず、本発明の効果が減少するからである。ただし、 L が $W/3$ を超えるような場合 5% 以上では、部材全体が容易に降伏することがあり、疲労き裂発生防止効果が乏しいことがある。このため、5% 以上の圧縮歪を与える場合には L は $W/2$ に限定することが望ましい。また、25% より大きな歪では効果が頭打ちもしくは減少することがある上に板厚の減少や部材の巨視的な変形が顕著となり部品や構造物としての形状精度が損なわれるため望ましくない。なお、圧縮予歪 (%) は、(圧痕部の板厚) / (圧痕部以外の部分の板厚) により規定するものとする。

図 3 は、主板 1 の板厚 t_1 が 25 mm、リブ板 2 の板厚 t_2 が 12 mm、距離 s が 6 mm、 b が 12 mm、 L が $6 \text{ mm} = t_2/2$ から $50 \text{ mm} = (5/8)W$ の圧痕形状のときの主板長手方向の残留応力分布と板厚方向圧縮予歪量の関係を有限要素法解析により求めた図である。なお、主板 1 とリブ板 2 の降伏応力は 330 MPa とし、初期の溶接残留応力分布は考慮していない。図 3 に示すように、

Lの大きさと最大圧縮残留応力を発生させる歪の大きさは関係しており、上述した、Lの寸法効果を説明している。

図3に示すように本発明によれば、回し溶接止端部4の残留応力を効率良く低下させることができ、疲労寿命を著しく向上させることができる。

Lが大きい場合には大きな圧縮歪を与えると部材断面全体が降伏することがあり効果は低い歪に限られるが、圧縮予歪部の面積を適切に選択すれば所望する歪量で効果が得られるように調節出来る。

圧縮負荷の回数は所定の歪範囲になるまで複数回押してよく、ポンチの大きさと強度の関係から圧縮負荷装置の負荷荷重が十分取れない場合は、ポンチの位置をずらしながら所定の歪負荷範囲になるまで複数回圧縮負荷を与えることで同様の効果が得られる。

圧縮予歪処理を行うためのポンチの形状としては、本発明の範囲で圧縮予歪処理ができれば、矩形、円形のどちらでも本発明の効果が得られる。また、ポンチの圧縮負荷面は平面でも曲面でもよく、多少の凹凸があってもかまわない。なお、ポンチの先端の角部が応力集中源となり疲労強度が低下する懸念については、圧縮予歪部直下は圧縮残留応力が最も高くなるので疲労き裂が発生する可能性は極めて低い。したがって、ポンチ先端の角部を滑らかにする必要はないが、作業の安全上、0.5mm以上のRを付けても本発明の効果には何ら影響を及ぼすことはない。

また、本発明の疲労強度の優れた面外ガセット溶接継手を用いて、建築、造船、橋梁、建設機械、海洋構造物などの溶接構造物を建造することにより、疲労強度に優れた溶接構造物を提供することができる。また、溶接を用いずに作製した同様の形状の金属部品や構造部材においても疲労強度の向上が期待できる。

次に、主板または主管の面外にリブ板を有する場合であって、(

ii) 予歪部をリブ板の所定位置に設けたものの場合、すなわち本発明の(2)、(3)、(4)及び(6)について説明する。

本発明は、金属部品や金属製構造物の表面であって、金属製リブの長さ方向端部と交わる応力集中部に簡易な方法で予め圧縮の残留応力を発生させることにより、該応力集中部からの疲労き裂の発生と進展を抑制することを特徴とするものである。

具体的には、(2)に記載の発明は、厚み t_1 の金属製の主板または主管 1 から、厚み t_2 が 1 mm 以上、高さ h が $3 t_2$ 以上で、長さ 1 の板状の金属製リブ 2 が突き出ており、該リブの長さ方向の端部にリブ 2 の厚み方向に圧縮予歪部 9 を形成した金属部品または金属製構造物であって、該圧縮予歪部 9 は、板厚方向圧縮歪が 0.5 % 以上 25 % 以下であり、リブ面上に占める面積 p が $0.67 t_2$ 以上であり、リブ長さ方向寸法 k が $0.5 t_2$ 以上 $3 (t_2 \cdot t_1)^{0.5}$ 以下であり、リブ高さ方向寸法 d が $0.5 t_2$ 以上 $0.5 h$ 以下であり、その重心位置 23 と前記主板または主管との距離 a が $0.5 h$ 以下かつ $3 t_2$ 以下であり、その端部からリブ長さ方向端部までの距離 e がリブ 2 の厚み t_2 より小さいものであり、さらに、該圧縮予歪により、前記リブの長さ方向端部であって、前記主板または主管と交差する部分 10 に、圧縮残留応力が働いていることを特徴とするものである。

本発明の対象を厚み t_1 の金属製の主板または主管 1 から長さ 1、高さ h 、厚み t_2 の板状の金属性リブ 2 が突き出た金属部品または金属製構造物とするのは、金属製の主板または主管と突き出たリブとが接する部位であって、該リブの長さ方向の端部 10 は部品や構造物に荷重が作用した際に応力集中部となり、繰返し荷重下では疲労き裂の発生源となるからである。

また、該リブの長さ方向の端部にリブの厚み方向に 0.5 % 以上

25%以下の圧縮予歪部9を形成させるのは、該リブと金属主板または主管1の接する部位であって、該リブの長さ方向の端部に圧縮の残留応力を発生させるためであり、0.5%より小さい圧縮歪では十分な残留応力を発生させることは出来ず、25%より大きな歪では効果が頭打ちとなる上に板厚の減少や部材の巨視的な変形が顕著となり部品や構造物としての形状精度が損なわれるためである。

また、リブ2の厚み t_2 を1mm以上としたのは t_2 が1mmより小さい場合には予歪量の管理が困難であるためであり、1mmより小さい場合でも本発明を精度よく適用できれば効力を発揮できる。

また、リブの長さ方向の寸法 k が $0.5t_2$ 以上 $3(t_2 \cdot t_1)^{0.5}$ 以下の領域に圧縮予歪を与えるのは、 k が $0.5t_2$ より小さい場合、疲労き裂の発生が懸念される応力集中部に圧縮残留応力が十分に発生しないためであり、 k が $3(t_2 \cdot t_1)^{0.5}$ 超では主板の変形が顕著になることや疲労き裂の発生が懸念される応力集中部の圧縮残留応力が頭打ちもしくは減少するからである。

また、圧縮予歪部のリブ高さ方向寸法 d を $0.5t_2$ 以上 $0.5h$ 以下とするのは、 d が大きいほど疲労き裂の発生が懸念される応力集中部10の圧縮残留応力が大きくなるからである。リブ面上に占める面積 p が $0.67t_2$ 以上の領域に圧縮予歪を付与するのは、面積 p が $0.67t_2$ より小さい場合には疲労き裂の発生が懸念される圧縮予歪部9から離れた応力集中部10に疲労き裂発生を阻止するための十分な圧縮応力を発生させられないためである。

また、圧縮歪部9の重心位置23と前記主板または主管との距離 a が $0.5h$ 以下かつ $3t_2$ 以下、およブリブの端部から圧痕までの距離 e がリブの厚み t_2 より小さくする理由は、圧縮歪部がリブの長さ方向の端部から離れると疲労き裂の発生が懸念される応力集中部10の圧縮残留応力が低下し、本発明の効果である疲労き裂発

生抵抗が低下してしまうからである。

図 7 は、(2) に記載の本発明の一実施例を示す図である。図 7 において、1 は金属板、2 は金属製リブ板、9 は圧縮予歪部、10 は応力集中部を示す。図 7 の a は、圧縮予歪部の重心 23 から疲労き裂の発生が懸念される金属板までの最短距離を示す。図 7 の e は、圧縮歪部 9 の端部とリブ 2 の長さ方向の端部の最短距離を示す。

(3) に記載の発明は、(2) に記載の疲労き裂発生・進展抑止特性が優れた金属部材または金属製構造物であって、前記リブが溶接により前記主板または主管 1 に接合されており、リブおよび溶接部 11 の降伏強度が主板または主管の降伏強度の 95% 以上であり、リブの引張強度が主板または主管の引張強度より大きく、リブの溶接部 11 がリブ端部から $2h$ 以上距離に亘って、のど厚 c が $0.5t_2$ 以上であることを特徴とする。これは、リブに付与する圧縮予歪と該リブとリブを溶接により取り付けた主板または主管との間に生じる溶接残留応力によって溶接部を破壊することなしに、該リブに付与する圧縮予歪により生じた応力を、該溶接部を介してリブ板の 2 接する主板または主管 1 に伝達させるためには十分なのど厚が必要であるからである。また、リブおよび溶接部 11 の降伏強度を主板または主管 1 の降伏強度の 95% 以上とし、リブの引張強度を主板または主管の引張強度より大きくするのは、圧縮予歪により生じた応力を主板または主管 1 に十分伝達させるためであり、リブと溶接部の強度は高いほど本発明の効果は高くなる。

図 8 は、(3) に記載の本発明の一実施例を示す図である。図 8 において、11 は隅肉溶接部を示す。図 9 は、図 8 の溶接構造をリブ板 2 の板厚中央に対応する面で切った場合の断面を示す。図 9 の c は、隅肉溶接部 11 ののど厚である。

(6) に記載の発明は、(2) に記載の疲労き裂の発生・進展抑

止特性に優れた金属部材の製造方法であって、厚み t_1 の金属製の主板または主管 1 表面に、厚み t_2 が 1 mm 以上、高さ h が $3 t_2$ 以上で、長さ l の板状の金属性リブ 2 を形成した後、リブの板厚方向圧縮歪が 0.5 % 以上 25 % 以下の圧縮予歪部 3 を、そのリブ長さ方向寸法 k が $0.5 t_2$ 以上 $3 (t_2 \cdot t_1)^{0.5}$ 以下であり、リブ高さ方向の寸法 d が $0.5 t_2$ 以上 $0.5 h$ 以下であり、そのリブ面上に占める面積 p が $0.67 t_2$ 以上であるような圧痕形状で、その重心位置と前記主板または主管との距離 a が $0.5 h$ 以下かつ $3 t_2$ 以下であり、その端部からリブ長さ方向端部までの距離 e がリブの厚み t_2 より小さい位置に形成することを特徴とする。

これは、圧縮予歪を金属製リブ形成後に与えることにより該リブと該主板または主管の間にせん断応力を生じさせ、該リブの長さ方向端部であって、該主板または主管と交差する部分 10 に圧縮残留応力を生じさせるためである。

本発明の図 10 に示す構造モデルと該構造モデルと同形状であって圧縮予歪を与えない構造モデルの有限要素解析を行い、本発明の構造物における圧縮予歪が疲労き裂の発生しやすい応力集中部の応力状況に及ぼす影響を説明する。

前記構造モデルは、例として、主板とリブ板共に降伏応力 330 MPa であり、引張強度が 490 MPa である鋼材で構成されているものと仮定し、図 10 の矢印方向に引張荷重が作用することを想定してモデル化した。構造モデルは表 3 に各部の寸法と併せて示したように記号 A から Y までの 25 種類であり、これらすべてについて有限要素解析を行った。構造モデルの主板の厚み t_1 は 8 ~ 16 mm、リブ板の厚み t_2 は 8 ~ 24 mm とした。また、圧縮予歪部の形状は、リブ板 2 の長さ方向の寸法 k を 10 ~ 80 mm、リブ板 2 の高さ方向の寸法 d を 8 ~ 24 mm の矩形の面を持ち、主板 1 と

圧縮予歪部 9 までの距離 $a - d / 2$ を $8 \sim 16 \text{ mm}$ 、リブの長さ方向端部からの距離 e を $5 \sim 10 \text{ mm}$ とした。予歪部となる面に変位制御で圧縮および除荷によって行い、リブ板 2 に厚み方向の残留歪として約 2.5 % の塑性歪を与えた。

例として、モデル D の場合について、予歪付与の後の予歪部近傍の残留応力分布の例を図 11 に示す。構造モデルの矢印方向に引張荷重が作用した際に応力集中部となる部位 10 の応力は圧縮となっている。図 11 の等高線につけた数字はリブの材軸方向の引張応力を MPa の単位で示したものである。なお、図 11 において 12 はリブ板 2 の板厚中央で半分にした場合の断面を示している。

次に、有限要素法解析により求めた、前記構造モデルで前記予歪付与後に、構造モデル D の矢印方向に降伏応力の半分 (165 MPa) の引張負荷を与えた場合についての引張方向応力分布を図 12 に、また、予歪を与えずに構造モデル D と同様に矢印方向に降伏応力の半分の引張負荷を与えたモデル D' の場合についての引張方向応力分布を図 13 に示す。図 12、図 13 の等高線につけた数字はリブの材軸方向の引張応力を MPa の単位で示したものである。構造モデル D の部位 10 の応力は構造モデル D' の部位 10 の応力に対して著しく低くなっている。

一般に、繰り返し負荷を受ける金属製部品や金属製構造物は応力集中を除いた部位で使用時の応力は降伏応力の半分程度以下となるように設計されているが、構造モデル D' で示したような応力集中部 10 では局所的に降伏する程度の応力が繰り返し作用することもあり、疲労き裂の発生が懸念されるが、本発明の構造モデル D の応力集中部 10 では端部に降伏応力の半分の引張負荷を与えても生じる引張応力が極めて小さくなるため、疲労き裂の発生が抑制される効果がある。

本発明を適用した構造モデルの端部に引張負荷を与えた場合の応力集中部 10 に生じる応力は、予歪を与えて除荷した時点での圧縮残留応力が大きいほど疲労き裂発生に対する抵抗が大きいと考えられる。該圧縮残留応力は特にリブ板の厚み t や高さ h や圧縮予歪部の位置や大きさ、また、溶接によりリブ板が取り付けられた場合には溶接部の形状の影響を受けるため、それぞれの因子の影響について有限要素解析を用いて検討した。

該有限要素解析の結果を用いて作成した本発明の構造モデルの応力集中部に生じる圧縮残留応力の表 1 に基づいて (2) に記載の発明について説明する。

表 1

モデル	特徴、目的	t_2	h	k	d	a-d/2	e	圧縮応力 (MPa)
A	aの影響確認 (モデルDと比較)	8	80	28	16	16	5	111
B	dの影響確認 (モデルDと比較)	8	80	28	8	8	5	87
C	dの影響確認 (モデルDと比較)	8	80	28	12	8	5	125
D	a, d, kの影響確認	8	80	28	16	8	5	143
E	kの影響確認 (モデルDと比較)	8	80	24	16	8	5	149
F	kの影響確認 (モデルDと比較)	8	80	20	16	8	5	154
G	kの影響確認 (モデルDと比較)	8	80	15	16	8	5	149
H	kの影響確認 (モデルDと比較)、 dの影響確認	8	80	10	16	8	5	133
I	dの影響確認 (モデルHと比較)	8	80	10	24	8	5	134
J	dの影響確認 (モデルHと比較)	8	80	10	8	8	5	118
K	t, b, h, dの影響確認	24	80	28	16	16	5	64
L	tの影響確認 (モデルKと比較)	8	80	28	16	16	5	38
M	tの影響確認 (モデルKと比較)	16	80	28	16	16	5	54
N	bの影響確認 (モデルOと比較)	24	80	28	16	16	10	71
O	kの影響確認、 dの影響確認 (モデルKと比較)	24	80	28	24	16	5	87
P	kの影響確認 (モデルKと比較)	24	80	20	16	16	5	64
Q	kの影響確認 (モデルKと比較)	24	80	12	16	16	5	51
R	kの影響確認 (モデルKと比較)	24	80	40	16	16	5	59
S	kの影響確認 (モデルKと比較)	24	80	50	16	16	5	41
T	kの影響確認 (モデルKと比較)	24	80	60	16	16	5	23
U	kの影響確認 (モデルKと比較)、 両リブモデルとの比較	24	80	80	16	16	5	2
V	両リブの影響確認 (モデルKと比較)、 dの影響確認	24	80	80	16	16	5	22
W	両リブモデルで dの影響確認 (モデルVと比較)	24	80	80	8	16	5	9
X	hの影響確認 (モデルKと比較)	24	68	28	16	16	5	65
Y	hの影響確認 (モデルKと比較)	24	58	28	16	16	5	59

表 1 の結果から以下のことが読み取れる。すなわち、モデル K、L、M の結果から、主板に対してリブ板 2 は厚い方が応力集中部に生じる圧縮残留応力が大きくなっており、本発明に用いられる圧縮予歪部 9 の寸法についてはリブ板の厚み t_2 を基準に規定することが妥当であると判断した。

モデルK、X、Yの比較の結果から、リブ板の背 h は高い方が応力集中部4に生じる圧縮残留応力が大きい。これは、圧縮予歪を受けた部分の周りの弾性領域が大きい方が応力集中部に生じる圧縮残留応力が大きくなることを表しており、圧縮予歪を受けた部分の周りの弾性領域が十分確保できるよう $h \geq 2d$ とした。

モデルKとOの比較、モデルB、C、Dの比較の結果、また、モデルH、I、Jの比較の結果から、圧縮予歪部9の寸法 d は大きい方が応力集中部に生じる圧縮残留応力が大きく、圧縮応力が顕著に表れるが、 d が大きくなり h に近づくと効果が頭打ちになるため、 d は $0.5t_2$ 以上 $0.5h$ 以下とした。

モデルD、E、F、G、Hの比較の結果およびモデルO、P、Q、R、S、T、Uの比較の結果から、圧縮予歪部9の寸法 k は大きくなると応力集中部に生じる圧縮残留応力が大きくなるが、ある程度以上大きくなると圧縮残留応力が低下する。これは k が大きく、リブ板2が厚くなると主板1に曲げが生じやすくなることや主板側にも塑性歪が生じやすくなるためであり、 $0.5t < k < 3(t_2 \cdot t_1)^{0.5}$ とした。

モデルO、Nの比較の結果などから、リブ2の端部からの圧縮予歪部9までの距離 e は小さい方が応力集中部10に生じる圧縮残留応力が大きく、 $e < t_2$ とした。

モデルA、Dの比較の結果などから、主板1から圧縮予歪部9までの距離 $a - d/2$ は小さい方が応力集中部に生じる圧縮残留応力が大きく、 $a < 3t_2$ とした。

モデルU、V、Wの比較の結果から、両面にリブ板を付けて本発明で行う圧縮予歪を与えた場合、片面リブ板の場合よりも、応力集中部に生じる圧縮残留応力が大きく、片側リブよりは両側リブの方が効果が高い。

前記圧縮予歪を与える方法としては、図 1 4 に示すように円形や矩形の平面の断面を持つ押しポンチ 1 3 をプレス装置等を用いてリブ板 2 に押し当てる方法が考えられるが、同様の圧縮負荷を与えられる装置であれば他の装置でも可能である。なお、押しポンチ 1 3 で圧縮予歪を与えた場合、押しポンチ 1 3 の角部がリブ板 2 に段差を作ることになるが、この段差は応力集中を発生させるため、できるだけ滑らかになるよう、面取りや曲面加工しておくことが望ましい。

ポンチの断面形状については矩形以外にも円形その他、種々の形状が適用可能であり、効果には大きな差は出ないと考えられるため、自由にデザインできるが、ポンチの寿命を延ばし、圧縮荷重をできるだけ低くするためには外に凸の中実断面が合理的である。

ポンチの大きさについては鋼材の内部にまで十分に塑性歪を与えることが重要であるためポンチの寸法はリブ板厚 t_2 と比例させる必要がある。また、所定の圧縮歪をリブ板に付与するためには圧縮面積に比例して大きな圧縮荷重が必要となり、負荷が困難となることがあるため注意が必要である。圧縮予歪付与面積 p は板厚 t_2 に対して $0.67 t_2$ 以上と定めたが、大きくなりすぎると、予歪を付与するために必要な荷重が面積に比例して大きくなるため実施する設備が大きくなるため困難となる場合があることや、予歪による残留応力で主板の平面性が失われる可能性があることに注意し、適切な圧縮予歪付与装置を準備し、各寸法は本発明の効果の期待できる範囲となるよう設定するのが望ましい。

圧縮負荷の回数は所定の歪の範囲になるまで複数回押してよく、ポンチの大きさとリブ板 2 の強度の関係から圧縮負荷装置の負荷荷重が十分に取れない場合には、ポンチの位置をずらしながら、面積が $0.67 t_2$ 以上の領域を面積が $0.5 t_2$ 以上のポンチを用いて

複数回圧縮負荷を与えることにより、 0.5% 以上かつ 25% 以下の歪を圧縮負荷により与えることで同様の効果が得られる。

また、本発明では圧縮予歪部をリブ取り付け後に設けなければ、主板表面であって、リブ板と接する部分のリブ板の長手方向端部10に圧縮予歪による圧縮応力が発生せず、疲労き裂発生阻止の効果は得られない。そこで、本発明を適用しているかどうかについて疑わしい場合については、磁歪法やX線を用いた方法等によって圧縮予歪部付近の残留応力分布を確認することで、容易に本発明を適用していることが確認できる。

また、本発明は既存の構造物に対して適用することも可能であり、既存構造物の疲労き裂発生防止方法としても有効である。

次に、(iii) 主板の面内に主板と異なる幅の部分をも有する金属板に予歪部を設けたものの場合、すなわち本発明の(7)～(11)について説明する。

本発明は、複数の幅をも有する長尺異幅金属板であって、板幅の大きく変化することで生じる応力集中部に簡易な方法で予め圧縮の残留応力を発生させることにより、該応力集中部からの疲労き裂の発生と進展を抑制することを特徴とするものである。

まず、(7)に記載の発明は、具体的には、図17に示すような複数の幅をも有する板厚 t の長尺異幅金属板31の材軸方向応力に対して応力集中部32となる幅移行部の狭幅側コーナーから狭幅側の材軸方向に $t/4$ 以上 $3t$ 以下の範囲で、かつ、狭幅側の金属板の幅方向端面から $t/4$ 以上 $3t$ 以下の範囲に囲まれた領域に、面積が $0.16t^2$ 以上 $4t^2$ 以下の圧痕33を有し、該圧痕の板厚方向圧縮歪が 0.5% 以上 25% 以下であることを特徴とするものである。

本発明の対象を、図17に示すような複数の幅をも有する板厚 t の

長尺異幅金属板 3 1 であって、板幅の大きく変化することで生じる応力集中部 3 2 としたのは、この応力集中部が、部品や構造物に繰返し荷重が作用した際に、疲労き裂の発生源となるからである。

また、材軸方向応力に対して応力集中部となる幅移行部の狭幅側コーナー 3 2 から狭幅側の材軸方向に $t/4$ 以上 $3t$ 以下の範囲で、かつ、狭幅側の金属板の幅方向端面から $t/4$ 以上 $3t$ 以下の範囲に囲まれた領域に、圧痕 3 3 をつけるのは、負荷を与えない状態で応力集中部に圧縮の残留応力が生じる上に、その後負荷を与えても応力集中部に引張応力が発生しにくくするためである。

ここで、圧痕の位置を、幅移行部の狭幅側コーナーから狭幅側の材軸方向に $t/4$ 以上 $3t$ 以下の範囲としたのは、幅移行部の狭幅側コーナーから材軸方向に $t/4$ に満たない範囲に圧痕がある場合には、応力集中部に引張の残留応力が発生してしまうことがあり、逆効果になることがあるためである。また、幅移行部の狭幅側コーナーから $3t$ を超える範囲に圧痕がある場合には、圧痕による圧縮残留応力が応力集中部に十分に働かなくなってしまうからである。

また、圧痕の位置を、狭幅側の金属板の幅方向端面から $t/4$ 以上 $3t$ 以下の範囲としたのは、次のような理由のためである。すなわち、一般に、圧痕により大きな残留応力を発生させるには、圧痕が十分に広い弾性領域で囲まれている必要があるが、狭幅側の金属板の幅方向端面から $t/4$ に満たない範囲に圧痕がある場合には、圧痕による塑性域が端部に到達してしまい本発明の効果を得られないからである。また、狭幅側の金属板の幅方向端面から $3t$ を超える範囲に圧痕がある場合には、圧痕による圧縮残留応力が応力集中部に十分に働かなくなってしまうからである。

また、圧痕 3 3 の面積を $0.16t^2$ 以上 $4t^2$ 以下とするのは、 $4t^2$ を超えて面積が大きくなりすぎると圧痕 3 3 をつけるための

荷重が大きくなりすぎて作業性が低下するためであり、一方、 0.16 t^2 未満まで面積が小さくなりすぎると板厚中央まで十分な歪が入らず、疲労き裂発生防止に十分な圧縮残留応力が得られないためである。

図18は、狭幅側を120mm、広幅側を200mm、厚みを12mmとした長尺異幅金属板4の幅変化部を部分的に示す斜視図である。この金属板の狭幅側に幾つかのサイズの角形ポンチ35を用いて、図19に示したように圧痕33をつけ、応力集中部32に生じる材軸方向残留応力を有限要素法解析により求めた。その結果の一例を図20に示す。また、図20の状態の金属板の狭幅側材軸方向端部に、155MPaの引張応力を与えた場合の応力集中部の材軸方向応力の例を図21に示し、図22の圧縮処理を行わない場合の応力と比較した。

引張応力を与えた場合に応力集中部に生じる材軸方向応力が小さい方が疲労き裂発生防止には有効であることから、図18に示した金属板について圧痕の位置を変化させ、表2に示す多数の有限要素法解析を行ない、その結果に基づいて有効な圧痕33の位置と大きさを決定した。なお、図18中のx1は、金属板の狭幅側の幅方向端面から圧痕までの距離、y1は、金属板の幅移行部の狭幅側コーナーから圧痕までの材軸方向の距離である。

表 2

ケース	x 1 (mm)	y 1 (mm)	圧痕の一边 (mm)	応力集中部32での 荷重方向残留応力		備考
				処理まま σ_0 (MPa)	最大荷重時 σ_{150} (MPa)	
基本	—	—	—	0	490	処理無し
AF5-1	5	5	5	-429	218	板厚方向圧縮 歪は すべて5%
AF5-2	20	5	5	-349	322	
AF5-3	5	20	5	93	438	
AF5-4	20	20	5	-276	361	
AF5-5	30	5	5	-210	420	
AF5-6	30	20	5	-150	440	
AF5-7	5	30	5	130	480	
AF5-8	20	30	5	-100	450	
AF10-1	5	5	10	-555	183	
AF10-2	15	5	10	-384	312	
AF10-3	5	15	10	-414	196	
AF10-4	15	15	10	-413	257	
AF10-5	25	5	10	-290	320	
AF10-6	25	15	10	-230	340	
AF10-7	5	25	10	-250	380	
AF10-8	15	25	10	-240	350	
AF15-1	5	5	15	-560	140	
AF15-2	5	20	15	-520	155	
AF15-3	20	5	15	-490	160	
AF15-4	20	20	15	-450	165	

また、該圧痕 3 3 の板厚方向圧縮歪を 0.5 % 以上としたのは、0.5 % 未満では、応力集中部 3 2 に疲労き裂発生防止に十分な圧縮残留応力を発生させることができないためであり、一方、25 % 以下としたのは、25 % 超の圧縮歪では部材の変形が大きくなりすぎて、部品や構造物としての形状精度が得られなくなるためである。また、図 2 3 に示すように圧縮歪が大きくなるに従って圧痕処理後に応力集中部に発生する圧縮残留応力も大きくなるが、その上昇代は徐々に飽和してくることからも過大な圧縮歪は不要である。

次に、(8) に記載の発明は、複数の幅を有する板厚 t の長尺異幅金属板 3 6 であって、材軸方向応力に対して応力集中部 3 7 となる幅移行部の狭幅側コーナーから狭幅側の金属板端面を広幅側に延

長した基準線の方向に $t/4$ 以上 $3t$ 以下の範囲で、かつ、該基準線から外側に $3t$ 以下の範囲に囲まれた領域に、面積が $0.16t^2$ 以上 $4t^2$ 以下の圧痕 38 を有し、該圧痕 38 の板厚方向圧縮歪が 0.5% 以上 25% 以下であることを特徴とするものである。

(8) に記載の発明は、対象とするものは (7) に記載の発明と同様であるが、図 24 に示すように、圧痕 38 をつける位置が異なっている。圧痕 38 の位置を、材軸方向応力に対して応力集中部 37 となる幅移行部の狭幅側コーナーから狭幅側の金属板端面を広幅側に延長した基準線の方向に $t/4$ 以上 $3t$ 以下の範囲で、かつ、該基準線から外側に $3t$ 以下の範囲に囲まれた領域とするのは、負荷を与えない状態で応力集中部に圧縮の残留応力が生じる上に、その後負荷を与えても応力集中部に引張応力が発生しにくくするためである。

すなわち、圧痕により大きな残留応力を発生させるには、圧痕が十分に広い弾性領域で囲まれている必要があり、端面から $t/4$ に満たない範囲に圧痕がある場合には、圧痕による塑性域が端部に到達してしまい所期の効果を得ることができないからである。また、基準線方向および幅方向で、幅移行部の狭幅側コーナーから $3t$ を超える範囲まで離れた場合には、圧痕による圧縮残留応力が応力集中部 37 に十分に働かなくなってしまうからである。また、幅方向で、圧痕が基準線より内側の場合には、応力集中部 37 に引張残留応力を発生させてしまうことがあり、疲労き裂が発生しやすくなってしまう可能性があるため、圧痕は基準線より外側（幅拡大方向）の範囲に限定した。基準線より内側（幅縮小方向）には圧痕をつけないよう十分な注意が必要である。

図 24 は、狭幅側を 120 mm 、広幅側を 200 mm 、厚みを 12 mm とした長尺異幅金属板 6 の幅変化部を部分的に示す斜視図で

ある。この金属板の広幅側に幾つかのサイズの角形ポンチを用いて、図 2 4 に示したように圧痕 3 8 をつけ、応力集中部 3 7 に生じる材軸方向残留応力を有限要素法解析により求めた。その結果の一例を図 2 5 に示す。また、金属板の狭幅側材軸方向端部に 1 5 5 M P a の引張応力を与えた場合の応力集中部の材軸方向応力の例を図 2 6 に示し、図 2 2 の圧縮処理を行わない場合の応力と比較した。

引張応力を与えた場合に応力集中部に生じる材軸方向応力が小さい方が疲労き裂発生防止には有効と考えられることから、図 2 4 に示した金属板について圧痕の位置を変化させ、表 3 に示す多数の有限要素法解析を行ない、その結果に基づいて有効な圧痕の位置と大きさを決定した。なお、図中 x_2 は、金属板の狭幅側の幅方向端面を延長する基準線から圧痕までの距離、 y_2 は金属板の幅移行部の狭幅側コーナーから圧痕までの材軸方向の距離である。

表 3

ケース	x 2 (mm)	y 2 (mm)	圧痕の一边 (mm)	応力集中部37での 荷重方向残留応力		備考
				処理まま σ_0 (MPa)	最大荷重時 σ_{150} (MPa)	
基本	—	—	—	0	490	処理無し
BF5-1	5	5	5	-304	345	板厚方向圧縮 歪は すべて5%
BF5-2	15	5	5	-381	299	
BF5-3	5	15	5	-309	362	
BF5-4	15	15	5	-336	344	
BF5-5	30	5	5	-200	400	
BF5-6	30	20	5	-150	480	
BF5-7	5	30	5	-180	450	
BF5-8	20	30	5	-100	490	
BF10-1	5	5	10	-374	297	
BF10-2	10	5	10	-400	289	
BF10-3	5	10	10	-313	340	
BF10-4	10	10	10	-291	349	
BF10-5	25	5	10	-250	350	
BF10-6	25	15	10	-200	430	
BF10-7	5	25	10	-230	400	
BF10-8	15	25	10	-150	440	
BF15-1	5	5	15	-430	219	
BF15-2	5	20	15	-305	310	
BF15-3	20	5	15	-400	250	
BF15-4	20	20	15	-290	350	

また、圧痕38の面積を 0.16 t^2 以上 4 t^2 以下、圧縮歪の量を板厚方向圧縮歪が 0.5% 以上 25% 以下としたのは(7)に記載の発明の場合と同様の理由である。

(7)に記載の発明と(8)に記載の発明の効果を比較すると、(7)に記載の発明の方が疲労き裂発生防止の効果が大きく、不都合がなければ(8)に記載の発明よりも(7)に記載の発明を適用することが望ましい。また、(7)に記載の発明と(8)に記載の発明は組み合わせて用いることも可能であり、組み合わせた場合、疲労き裂発生防止効果はさらに高まる。さらに、圧縮予歪は大きいほど効果が高いが、何らかの理由により、個々の圧痕の歪量が低く限定される場合には、(7)に記載の発明と(8)に記載の発明を

組み合わせて用いることが特に有効である。

次に、（９）に記載の発明は、図２７に示すように、複数の幅を有する板厚 t の長尺異幅金属板 ３９の、材軸方向応力に対して応力集中部 ４２となる幅移行部の狭幅側コーナーから狭幅側の金属板端面を広幅側に延長した基準線の位置に、金属板 ３９と金属板 ４０の突き合わせ溶接による溶接部 ４１を有することを特徴とする。

前記基準線の位置に、金属板 ３９と金属板 ４０の突き合わせ溶接による溶接部 １１を有することとしたのは、該溶接部の端部は応力集中部 ４２となる上に引張の溶接残留応力が生じていることが多いために、本発明の効果が極めて大きいと考えられるためである。

次に、（１０）に記載の発明は、図２７に示すような溶接部より外側の金属板 ４０は、溶接部 ４１より内側の金属板 ３９より、高強度であり、かつ、板厚が内側金属板 ３９の板厚の ９５％以上であることを特徴とする。

外側の金属板 ４０は、内側の金属板 ３９より、高強度であり、かつ、板厚が内側金属板の板厚の ９５％以上と限定したのは、外側の金属板 ４０の強度が低い、または、薄い場合には外側の金属板部に圧痕を配置しても、応力集中部に圧縮応力を発生させることが極めて困難であるためである。

圧痕 ３８をつけるための圧縮負荷の回数は、所定の歪範囲になるまで複数回押してよく、ポンチの大きさと強度の関係から圧縮負荷装置の負荷荷重が十分取れない場合は、ポンチの位置をずらしながら所定の歪負荷範囲になるまで複数回圧縮負荷を与えることで同様の効果が得られる。

圧縮予歪処理を行うためのポンチの形状としては、本発明の範囲で圧縮予歪処理ができれば、矩形、円形等の形状に拘わらず本発明の効果が得られる。なお、ポンチ ３５の先端の角部が応力集中源と

なり疲労強度が低下する懸念については、圧縮予歪部直下は圧縮残留応力が最も高くなるので疲労き裂が発生する可能性は極めて低い。したがって、ポンチ先端の角部を滑らかにする必要はないが、作業の安全上、面取りや曲率半径Rを付けても本発明の効果には何ら影響を及ぼすことはない。

また、本発明の疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた異幅金属板部材に相当する面外ガセット溶接継手を用いて、建築、造船、橋梁、建設機械、海洋構造物、自動車などの溶接構造物を建造することにより、疲労特性に優れた金属製構造物を提供することができる。

また、圧縮予歪を与える面積は大きいほうが効果が高いが面積に応じて予歪を与えるための荷重も大きくする必要があるため、圧縮負荷装置の能力に合わせて適当な面積を選ぶことが重要である。

実施例

以下、実施例により、本発明をさらに具体的に説明する。

(実施例 1)

(1)、(4)、(5)に記載の本発明の疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた金属部品または金属製構造物の実施例を表4から表5、および、図4(a)、図4(b)および図5を用いて説明する。

表4は、本実施例に用いた主板1のJIS規格(JIS G 3106 準拠)、板厚、強度を示す。なお、リブ板2は、JIS G 3106に準拠したSM490の板厚12mmを用いた。

表 4

鋼	JIS規格	製品厚 (mm)	降伏応力 (MPa)	引張強さ (MPa)
A	SM400	20	280	430
B	SM490	30	358	522
C	SM570	12	582	620

表 5 は、前述の A 鋼～C 鋼からなる鋼板の面外ガセット溶接継手の止端部から離れた位置を種々の条件で板厚方向圧縮予歪を付与した面外ガセット溶接継手において、残留応力測定結果、および疲労試験結果を示す。

表 5

区分	No	鋼	圧縮予歪処理				残留応力 (MPa)	疲労寿命
			S (mm)	b (mm)	L (mm)	圧縮予歪 (%)		
比較例	1	A	処理なし				168	2.20E+05
	2		7.0	1	30	0.8	143	2.51E+05
	3		20.0	5	5	2.0	139	2.89E+05
	4		12.0	12	50	0.2	140	3.01E+05
	5		25.0	12	50	7.0	182	1.86E+05
	6		2.0	12	50	1.5	112	3.99E+05
	7		60.0	12	50	2.5	134	3.19E+05
	8		1.0	12	50	0.1	146	2.83E+05
	9		55.0	12	50	6.0	179	1.92E+05
本発明例	10	A	10.0	12	50	1.5	-70	7.93E+05
	11		20.0	12	50	3.0	0	5.01E+05
比較例	12	B	処理なし				215	2.30E+05
	13		5.0	1	30	*	210	2.31E+05
	14		10.0	5	5	1.5	195	2.92E+05
	15		15.0	12	50	6.0	251	1.57E+05
	16		35.0	12	50	0.1	233	1.91E+05
	17		1.0	12	50	3.0	143	3.65E+05
	18		55.0	12	50	2.0	125	4.20E+05
	19		2.5	12	50	0.4	161	3.77E+05
	20		80.0	12	50	8.0	226	2.06E+05
本発明例	21	B	7.0	12	50	2.5	-90	9.44E+05
	22		35.0	12	50	4.5	36	5.22E+05
比較例	23	C	処理なし				349	2.10E+05
	24		10.0	1	30	*	342	2.11E+05
	25		15.0	5	5	1.0	310	2.65E+05
	26		8.0	12	50	0.3	262	2.77E+05
	27		40.0	12	50	5.5	320	2.88E+05
	28		1.5	12	50	0.7	291	3.20E+05
	29		75.0	12	50	4.0	378	1.47E+05
	30		2.5	12	50	0.2	320	2.88E+05
	31		100.0	12	50	8.0	343	2.24E+05
本発明例	32	C	5.0	12	50	2.0	-175	7.91E+05
	33		45.0	12	50	1.0	-29	5.13E+05
本発明例	34	A	10.0	12	50	10.0	50	4.01E+05
	35		10.0	15	15	5.0	-10	6.01E+05
	36		10.0	15	15	10.0	-50	7.09E+05
	37		10.0	15	15	15.0	-80	8.00E+05
	38		10.0	15	15	20.0	-70	7.50E+05
	39		10.0	15	15	25.0	-60	7.49E+05

* ポンチが座屈したため処理できず

図4(a)、図4(b)は、本実施例に用いた面外ガセット溶接継手を示す図である。溶接は、JIS Z3312に準拠したYGW11の1.2mm径のソリッドワイヤを用いて、予熱を室温、入熱を1.5kJ/cmのCO₂溶接を行った。なお、脚長は6~1

0 mm となるように管理した。

図 5 は、角形のポンチ 7 を用いて板厚方向圧縮予歪の付与要領を示す図である。板厚方向圧縮予歪処理は、幅 b がそれぞれ 1 mm、5 mm、12 mm、長さ L がそれぞれ 30 mm、5 mm、50 mm の 3 種類のポンチを用いて実施した。

図 6 は図 5 と同じ形状を持つ試験体であるが、ポンチの形を丸形 8 に変更し、圧縮歪の影響を調べたものである。

疲労試験条件は以下の通りとした。

- ・荷重負荷方式：軸引張、
- ・応力比：0.1、
- ・環境：室温大気中、
- ・試験応力範囲：150 MPa

残留応力は、回し溶接止端部 4 から 0.5 mm 離れた位置を X 線 $\sin 2\psi$ 法により測定した。

No. 1、No. 12、No. 23 は、比較例であって、圧縮予歪処理を行わなかったため、回し溶接止端部 4 の残留応力は引張残留応力となるので疲労寿命は短くなっている。

No. 2、No. 3、No. 13、No. 14、No. 24、No. 25 は、比較例であって、回し距離 s と圧縮予歪量は本発明要件を満たしているが、長さ b と長さ L が、本発明要件を満たしておらず、回し溶接止端部の残留応力の低減効果が小さかったため、疲労寿命はあまり改善しなかった。

No. 4、No. 5、No. 15、No. 16、No. 26、No. 27 は、比較例であって、長さ b と長さ L と圧縮予歪量は、本発明要件を満たしているが、距離 s が本発明要件を満たしておらず、回し溶接止端部の残留応力の低減効果が小さかったため、疲労寿命はあまり改善しなかった。

No. 6、No. 7、No. 17、No. 18、No. 28、No. 29は、比較例であって、距離 s と長さ b と長さ L は、本発明要件を満たしているが、圧縮予歪量が本発明要件を満たしておらず、回し溶接止端部の残留応力の低減効果が小さかったため、疲労寿命はあまり改善しなかった。

No. 8、No. 9、No. 19、No. 20、No. 30、No. 31は、比較例であって、長さ b と長さ L は、本発明要件を満たしているが、距離 s と圧縮予歪量が本発明要件を満たしておらず、回し溶接止端部の残留応力の低減効果が小さかったため、疲労寿命はあまり改善しなかった。

No. 10、No. 11、No. 21、No. 22、No. 32、No. 33は、本発明例であって、本発明要件を全て満足した圧縮予歪処理を行ったため、回し溶接止端部4の残留応力を大幅に低減できたので、疲労寿命は大幅に向上した。

No. 10'はNo. 10の圧縮歪を大きくしたもので、本発明の範囲である。この試験片では、疲労寿命は長くなったもののNo. 10ほどの効果は見られなかった。 L が大きい場合には大きな圧縮歪を与えると効果が低下することが確認された。

No. 34からNo. 38は丸形のポンチを使った実施例でありいずれも本発明の要件を満たしている。No. 33までの試験の多くは角形の L が大きなポンチを使用した但这些は断面の小さい丸形のポンチに比べて所定の圧縮歪を付与するのに大きな荷重が必要であった。断面の小さい丸形ポンチではいずれもよい疲労特性が得られており、比較的圧縮歪が大きい条件で長い疲労寿命が得られた。

次に本発明の(2)、(3)、(4)及び(6)に関する実施例を示す。

(実施例 2)

図 15 のリブ板付き鋼板の疲労き裂発生試験を行った。使用した鋼板は主板 14 が板厚 24 mm で降伏応力が 400 MPa の溶接構造用鋼板であり、リブ板 15 が板厚 10 mm で降伏応力が 380 MPa の溶接構造用鋼板である。リブ板 15 の取り付け溶接 16 は 490 MPa 級の強度を持つ材料を用いて CO_2 溶接によりおこなった。試験片 F1 ～ 試験片 F5 は本発明を適用した試験体であり、圧縮負荷部の寸法を表 6 に示した。また、圧縮予歪量は 2.5 % とした。試験片 F0 は本発明を適用していない試験片である。どの試験片についても、リブ板は同じ条件で隅肉溶接を行い、脚長を 5 mm とし、溶接部断面を調査したところ、のど厚 3.5 mm を確保した。

表 6

	d	k
F1	6	6
F2	6	10
F3	12	12
F4	18	24
F5	18	60

負荷した荷重は、部材の降伏荷重の $1/4$ を中心に主板端部での応力振幅が降伏応力の $1/4$ となる繰り返し荷重を 1 周期が 1 秒間に 10 回となるようあたえ、溶接トウ部 17 に生じる疲労き裂長さが 10 mm となった場合の繰り返し負荷の周期数を実験的にもとめた。

実験の結果、試験片 F0 は 1×10^6 回程度の繰り返し負荷周期で所定の疲労き裂が生じた。それに対し、本発明の試験体においては、試験片 F1 は 5×10^6 回、試験片 F5 は 7×10^6 回で所定のき裂が見られたものの、試験片 F2, F3, F4 では 1.5×10

⁷回でも疲労き裂が発生しなかった。このことから、疲労き裂の発生に対しては5倍程度以上の性能が得られるものと考えられる。

(実施例3)

道路の照明などに用いられる鋼管ポールは風による繰り返し曲げ荷重を受ける。また、鋼管ポールの基部は補強のためリブ板が取り付けられていることがあり、リブの端部は溶接による残留応力と風による繰り返し荷重とが重畳することにより、リブ板によるポール側の応力集中部に疲労き裂が発生することがある。そこで、図16に示す直径17cmm、管厚 t_1 は6mmの鋼管ポール19の実大モデルを作製した。前記モデルの基部はベースプレート18にリブ板21を用いて、溶接で取り付け、リブ板21の円柱ポール19側に本発明を適用した。リブ板21の厚み t_2 は6mmであり、8枚を完全とけ込み溶接で取り付けた。

本発明を適用した鋼管ポールモデルとリブ板溶接ままの通常の鋼管ポールモデルを作製し、両振りの繰り返し曲げ試験を行い、疲労き裂の発生特性を比較した。

圧縮予歪部20の寸法は図7に示した各部の寸法で示すと、 a が6mm、 d が12mm、 e が2mm、 k が12mm、 h が25mmである。載荷条件は基部の応力振幅が160MPaとなるよう両振り試験を行った。

実験の結果、通常の鋼管ポールモデルでは 7×10^5 回で応力集中部22から実施例2で用いた疲労き裂評価基準である疲労き裂長さ10mmに達したものの、本発明を適用したモデルでは疲労き裂が確認できなかった。本発明を適用したモデルではさらに 1×10^7 回まで繰り返し載荷を行ったところで、疲労き裂が10mmに達し、本発明の有効であることが確認できた。

(実施例4)

(7) に記載の発明に係る疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた異幅金属板部材の実施例について図28、図29を用いて説明する。

本実施例に用いた金属板は、JIS規格G3106のSM490B鋼であり、板厚は12mm、降伏応力は330MPa、引張強さは550MPaであった。

図28は、実施例に用いた試験体43の形状および寸法を示している。図28の矢印は引張負荷の方向を示しており、試験体43に本実施例で与えた負荷は10Hzの正弦波形を持つ繰返し荷重であり、試験体端部において最大応力が150MPa、最小応力が15MPaとした。

また、図28に示した四角印は圧痕44を示しており、圧縮予歪の効果を確認するために応力集中部45を基準にいくつかの位置に圧縮予歪を与えた試験体を準備した。図29に圧縮処理を行わない場合の試験体の疲労寿命 N_{f0} と処理を行なった場合の疲労寿命 N_f の比 N_f / N_{f0} を圧縮予歪の位置と圧痕の大きさごとに示す。

なお、図28において、 x_1 は金属板の狭幅側の幅方向端面から圧痕までの距離、 y_1 は金属板の幅移行部の狭幅側コーナーから圧痕まで材軸方向の距離を示す。本実施例の範囲内では、圧縮予歪が大きいほうが効果も大きいことが分かる。圧縮予歪の大きさが小さく、応力集中部45から離れている試験体でも、本発明の範囲内では、その効果が小さくなっているものの疲労寿命の改善が見られた。なお、距離 x_1 が $t/4$ ($=3\text{mm}$) より小さい場合、試験体の取り扱い上、圧縮処理が難しいだけでなく、例えば圧縮処理が可能であったとしても、圧痕による塑性域が端部に到達してしまい十分な圧縮歪が作用しないことがあり、また、距離 $x_1 = 0\text{mm}$ の場合、部材の端部の圧痕が、新たな応力集中部となるため有効ではないこと

から、実験水準には加えなかった。また、距離 y_1 が $t/4$ ($= 3$ mm) より小さい場合、応力集中部 45 に引張の残留応力が発生することがあり、疲労寿命が短くなると考えられるため、この場合も実験水準には加えなかった。

(実施例 5)

(8) に記載の発明に係る疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた異幅金属板部材の実施例について図 30、図 31 を用いて説明する。

本実施例に用いた金属板は、JIS 規格 G 3106 の S M 490 B 鋼であり、板厚は 12 mm、降伏応力は 330 MPa、引張強さは 550 MPa であった。

図 30 は、実施例に用いた試験体 46 の形状および寸法を示している。図 30 の矢印は引張負荷の方向を示しており、試験体 46 に本実施例で与えた負荷は 10 Hz の正弦波形を持つ繰返し荷重であり、試験体端部において最大応力が 150 MPa、最小応力が 15 MPa とした。

また、図 30 に示した四角印は圧痕 47 を示しており、圧縮予歪の効果を確認するために応力集中部 48 を基準にいくつかの位置に圧縮予歪を与えた試験体を準備した。図 31 に処理を行わない場合の試験体の疲労寿命 N_{f0} と処理を行なった場合の疲労寿命 N_f の比 N_f / N_{f0} を圧縮予歪の位置と圧痕の大きさごとに示す。なお、図 30 において、 x_2 は金属板の狭幅側の幅方向端面を延長する基準線から圧痕までの距離、 y_2 は金属板の幅移行部の狭幅側コーナーから圧痕までの材軸方向の距離である。本実施例の範囲内では、圧縮予歪が大きいほうが効果も大きいことが分かる。圧縮予歪の大きさが小さく、応力集中部 48 から離れている試験体でも、本発明の範囲内では、その効果が小さくなっているものの疲労寿命の改

善が見られた。なお、距離 x_2 が 0 mm より小さい場合、応力集中部 48 に引張の残留応力が発生することがあり、疲労寿命が短くなると考えられるため、実験は行わなかった。また、距離 y_2 が $t/4$ ($= 3 \text{ mm}$) より小さい場合、試験体の取り扱い上、圧縮処理が難しいだけでなく、例えば圧縮処理が可能であったとしても、圧痕による塑性域が端部に到達してしまい十分な圧縮歪が作用しないことがあり、また、 $y_2 = 0 \text{ mm}$ の場合、部材の端部の圧痕が、新たな応力集中部となるため有効ではないことから、実験水準には加えなかった。

(実施例 6)

(9) に記載の発明に係る、突き合わせ溶接による溶接部を有する疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた異幅金属板部材の実施例を図 32、図 33 を用いて説明する。

本実施例に用いた試験体の金属板 49 および金属板 50 は共に JIS 規格 G 3106 の SM490B 鋼であり、板厚は 12 mm、降伏応力は 330 MPa、引張強さは 550 MPa であった。また、溶接金属 51 の降伏応力は 325 MPa、引張強さは 560 MPa でありほぼ鋼板と同等であった。

図 32 は、実施例に用いた試験体 52 の形状および寸法を示している。図 32 の矢印は引張負荷の方向を示しており、試験体 52 に本実施例で与えた負荷は 10 Hz の正弦波形を持つ繰返し荷重であり、試験体端部において最大応力が 150 MPa、最小応力が 15 MPa とした。

本実施例に用いた溶接は、JIS 規格 Z 3312 の YGW11 の 1.2 mm 径のソリッドワイヤを用いて、予熱を室温、入熱を 1.7 kJ/cm とする CO_2 溶接を行った。また、図 32 に示した四角印は圧痕 53 を示しており、圧縮予歪の効果を確認するために応力

集中部 5 4 を基準にいくつかの位置に圧縮予歪を与えた試験体を準備した。

図 3 3 に処理を行わない場合の試験体の疲労寿命 N_{f0} と処理を行なった場合の疲労寿命 N_f の比 N_f / N_{f0} を圧縮予歪の位置と圧痕の大きさごとに示す。なお、図 3 2 において、 x_3 は、金属板の狭幅側の幅方向端面から圧痕までの距離、 y_3 は金属板の幅移行部の狭幅側コーナーから圧痕までの材軸方向の距離を示す。本実施例の範囲内では、圧縮予歪の大きいほうが効果も大きいことが分かる。圧縮予歪の大きさが小さく、応力集中部 2 4 から離れている試験体でも、本発明の範囲内ではその効果が小さくなっているものの疲労寿命が延長した。

(実施例 7)

(10) に記載の発明に係る、突き合わせ溶接による溶接部を有する疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた異幅金属板部材であって、溶接によって取り付けた金属板 5 5 と金属板 5 6 の板厚や強度が異なる場合の実施例を表 7 および図 3 4 を用いて説明する。

本実施例に用いた金属板 5 5 は、JIS 規格 G 3 1 0 6 の S M 4 9 0 B 鋼であり、その板厚は 1 2 m m、降伏応力は 3 3 0 M P a、引張強さは 5 5 0 M P a であった。また、金属板 5 6 としては、JIS 規格 G 3 1 0 6 の S M 4 0 0 B 鋼または S M 4 9 0 B 鋼である、表 7 に示す強度、板厚 (t_4) の異なる鋼板を 5 種類準備した。そのうちの板厚は 9 m m から 1 2 m m であり、その強度レベルは、降伏応力 2 5 0 M P a、引張強さ 4 8 0 M P a の低めのものから、降伏応力 3 3 0 M P a、引張強さ 5 5 0 M P a の高めのものまでであった。また、溶接金属 5 7 の降伏応力は 3 2 5 M P a、引張強さは 5 6 0 M P a でありほぼ鋼板と同等であった。

図 3 4 は実施例に用いた試験体 5 9 の形状および寸法を示してい

る。図 3 4 の矢印は引張負荷の方向を示しており、試験体 5 9 に本実施例で与えた負荷は 1 0 H z の正弦波形を持つ繰返し荷重であり、試験体端部において最大応力が 1 5 0 M P a、最小応力が 1 5 M P a とした。

また、図 3 4 に示した四角印は 1 0 m m 四方の圧痕 5 8 を示しており、金属板 5 6 の厚みと強度の効果を確認するために圧痕位置を固定し、疲労試験を行った。表 7 に、その疲労試験結果を示す。金属板 5 6 の強度の低い試験片 D 1 0 - 1 と強度が同じでも板厚の薄い D 1 0 - 5 については圧痕の効果が見られなかった。また、金属板 5 6 の厚みがわずかに薄い試験片 D 1 0 - 4 は、効果はあるもののやや少なくなっていた。

表 7

ケース	金属板55		金属板56			Nf ($\times 10000$)	評価	備考
	降伏応力 (MPa)	引張強さ (MPa)	降伏応力 (MPa)	引張強さ (MPa)	厚み t_4 (mm)			
D10-1	330	550	250	480	12	82	効果無し	比較例：金属板56の強度低い
D10-2	330	550	330	550	12	204	効果有り	本発明例：金属板55と金属板26が同じ
D10-3	330	550	378	555	12	224	効果有り	本発明例：金属板56の強度高い
D10-4	330	550	330	550	11	187	効果有り	本発明例：金属板56の板厚少し薄い
D10-5	330	550	330	550	9	71	効果無し	比較例：金属板56の板厚薄い

産業上の利用可能性

本発明によれば、疲労強度の優れた面外ガセット溶接継手を効率的に得ることができるため、建築、造船、橋梁、建設機械、海洋構造物などの溶接構造物を建造するに際し、本発明を適用して、疲労強度に優れた溶接構造物を有利に提供することができ、また、溶接を用いずに作製した同様の形状の金属部材や構造部材においても疲労強度の向上が期待できる。

また、金属部材や金属製構造物の表面であって、金属製リブの長さ方向端部と交わる応力集中部に簡易な方法で予め圧縮の残留応力を発生させることにより、該応力集中部からの疲労き裂の発生と進展を抑制することができる。

また、疲労き裂の発生および進展が問題となる複数の幅を有する長尺異幅金属板部材およびこの長尺異幅金属板部材を用いた金属製構造物であって、金属板の幅が急に狭くなった側の材軸方向応力に対する応力集中部に簡易な方法で予め圧縮の残留応力を発生させることにより、該応力集中部および該応力集中部の軽微な欠陥からの疲労き裂の発生と進展を抑制することができる。

請 求 の 範 囲

1. 厚み t_1 の金属製の主板または主管から、長さ l 、高さ h 、厚み t_2 の板状の金属製リブが突き出た形状を有する金属部材であって、前記主板または主管と前記リブの交差するリブ板端部から外部最大引張応力方向と平行な距離 s が $t_2/4$ 以上 $4 \times t_2$ 以下である前記主板または主管上の位置に、該位置から外部最大引張応力方向と平行な長さ b が $t_2/4$ 以上 $4 \times t_2$ 以下、該位置を中心として外部最大引張応力方向と垂直方向の長さ L が $t_2/2$ 以上 $(5/8)W$ 以下である、板厚方向圧縮歪が 0.5% 以上 25% 以下の圧痕を有し、該圧痕により、前記主板または主管とリブ板が交差するリブ板端部に圧縮残留応力が働いていることを特徴とするリブ端部から主板または主管への疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた金属部材。ただし、 W は、主板の幅又は主管の外周長である。

2. 厚み t_1 の金属製の主板または主管の表面に、長さ l 、高さ h 、厚み t_2 の板状の金属製リブが突き出た形状を有する金属部材であって、該リブの厚み t_2 が 1 mm 以上、高さ h が $3t_2$ 以上であり、該リブの長さ方向の端部にリブの厚み方向に圧縮予歪部を形成した金属部材であって、該圧縮予歪部は、板厚方向圧縮歪が 0.5% 以上 25% 以下であり、リブ面上に占める面積 p が $0.67t_2^2$ 以上であり、リブ長さ方向寸法 k が $0.5t_2$ 以上 $3(t_2 \cdot t_1)^{0.5}$ 以下であり、リブ高さ方向寸法 d が $0.5t_2$ 以上 $0.5h$ 以下であり、その重心位置と前記主板または主管との距離 a が $0.5h$ 以下かつ $3t_2$ 以下であり、その端部からリブ長さ方向端部までの距離 e がリブの厚み t_2 より小さいものであり、さらに、該圧縮予歪により、前記リブの長さ方向端部であって、前記主板または主管と交差する部分に、圧縮残留応力が働いていることを特徴とする、リ

ブ端部から主板または主管への疲労き裂の発生・進展抑止特性に優れた金属部材。

3. 前記リブが溶接により前記主板または主管に接合されており、リブおよび溶接部の降伏強度が主板または主管の降伏強度の95%以上であり、リブの引張強度が主板または主管の引張強度より大きく、リブの溶接部がリブ端部から2h以上の距離に亘ってのど厚が $0.5t_2$ 以上であることを特徴とする、請求項2に記載の疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた金属部材。

4. 請求項1～3のいずれかに記載の金属部材を有することを特徴とする疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた金属製構造物。

5. 厚み t_1 の金属製の主板または主管の表面に、長さ l 、高さ h 、厚み t_2 の板状の金属製リブを形成した後、板厚方向圧縮歪が0.5%以上25%以下の圧痕を、前記主板または主管と前記リブの交差するリブ板端部から外部最大引張応力方向と平行な距離 s が $t_2/4$ 以上 $4 \times t_2$ 以下である主板または主管上の位置に、該位置から外部最大引張応力方向と平行な長さ b が $t_2/4$ 以上 $4 \times t_2$ 以下、該位置を中心として外部最大引張応力方向と垂直方向の長さ L が $t_2/2$ 以上 $(5/8)W$ 以下となる寸法で形成することを特徴とするリブ端部から主板または主管への疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた金属部材の製造方法。ただし、 W は、主板の幅又は主管の外周長である。

6. 厚み t_1 金属製の主板または主管の表面に、厚み t_2 が1mm以上、高さ h が $3t_2$ 以上で、長さ l の板状の金属性リブを形成した後、リブの板厚方向圧縮歪が0.5%以上25%以下の圧縮予歪部3を、そのリブ長さ方向寸法 k が $0.5t_2$ 以上 $3(t_2 \cdot t_1)^{0.5}$ 以下であり、リブ高さ方向寸法 d が $0.5t_2$ 以上 $0.5h$ 以下であり、そのリブ面上に占める面積 p が $0.67t_2^2$ 以上であるよ

うな圧痕形状で、その重心位置と前記主板または主管との距離 a が $0.5h$ 以下かつ $3t_2$ 以下であり、その端部からリブ長さ方向端部までの距離 e がリブの厚み t_2 より小さい位置に形成することを特徴とする、疲労き裂の発生・進展抑止特性に優れた金属部材の製造方法。

7. 複数の幅を有する板厚 t の長尺異幅金属板の材軸方向応力に対して応力集中部となる幅移行部の狭幅側コーナーから狭幅側の材軸方向に $t/4$ 以上 $3t$ 以下の範囲で、且つ、狭幅側の金属板の幅方向端面から $t/4$ 以上 $3t$ 以下の範囲に囲まれた領域に、面積が $0.16t^2$ 以上 $4t^2$ 以下の圧痕を有し、該圧痕の板厚方向圧縮歪が 0.5% 以上 25% 以下であることを特徴とする疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた異幅金属板部材。

8. 複数の幅を有する板厚 t の長尺異幅金属板の材軸方向応力に対して応力集中部となる幅移行部の狭幅側コーナーから狭幅側の金属板端面を広幅側に延長した基準線の方に $t/4$ 以上 $3t$ 以下の範囲で、かつ、該基準線から外側に $3t$ 以下の範囲に囲まれた領域に、面積が $0.16t^2$ 以上 $4t^2$ 以下の圧痕を有し、該圧痕の板厚方向圧縮歪が 0.5% 以上 25% 以下であることを特徴とする疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた異幅金属板部材。

9. 複数の幅を有する板厚 t の長尺異幅金属板の材軸方向応力に対して応力集中部となる幅移行部の狭幅側コーナーから狭幅側の金属板端面を広幅側に延長した基準線の位置に、金属板の突き合わせ溶接による溶接部を有することを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた異幅金属板部材。

10. 前記溶接部より外側の金属板は、前記溶接部より内側の金属板より高強度であり、かつ、板厚が内側金属板の板厚の 95% 以上であることを特徴とする請求項 9 に記載の疲労き裂発生・進展抑

止特性に優れた異幅金属板部材。

11. 請求項7～10のいずれかに記載の異幅金属板部材を有することを特徴とする疲労き裂発生・進展抑止特性に優れた金属製構造物。

Fig.1(a)

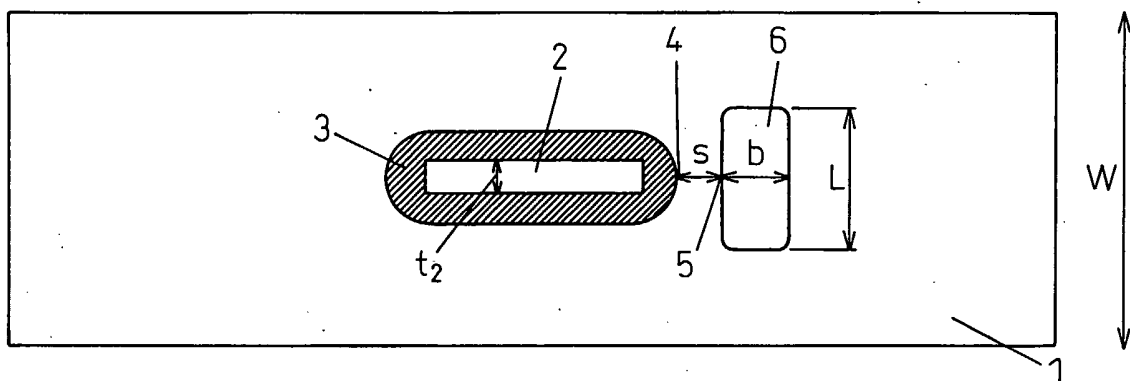


Fig.1(b)

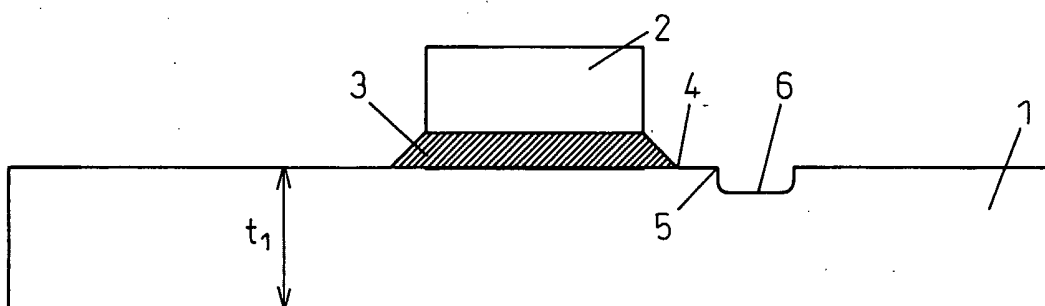


Fig. 2

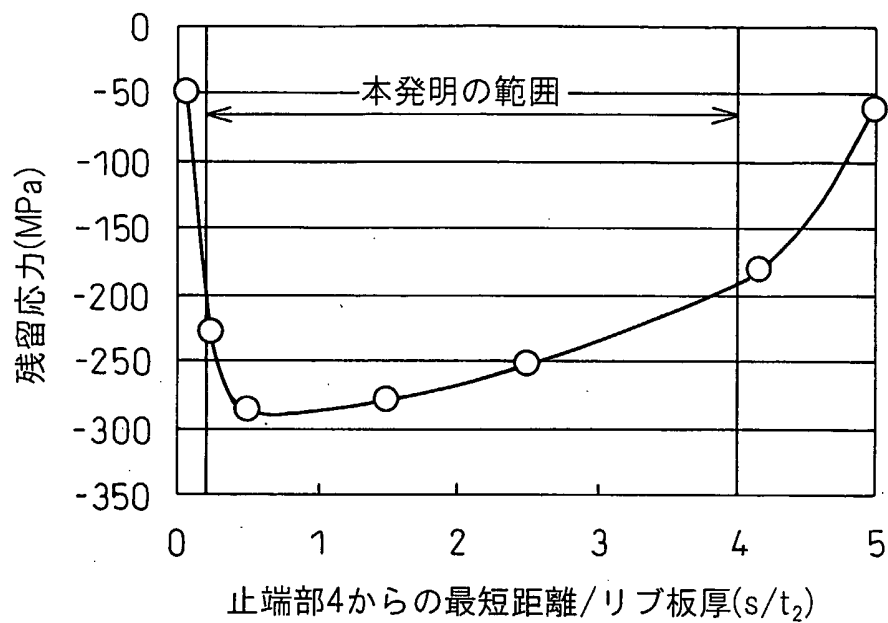


Fig. 3

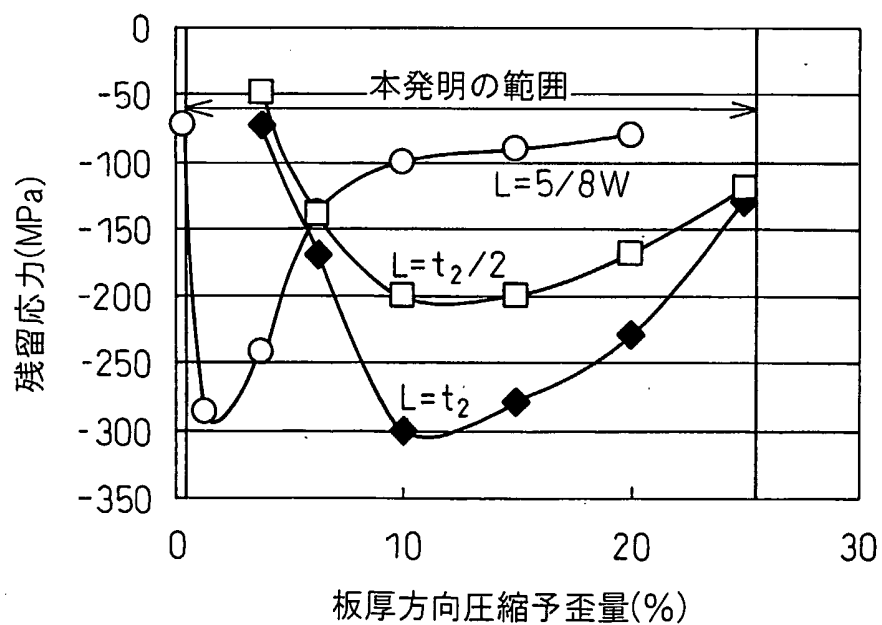


Fig.4(a)

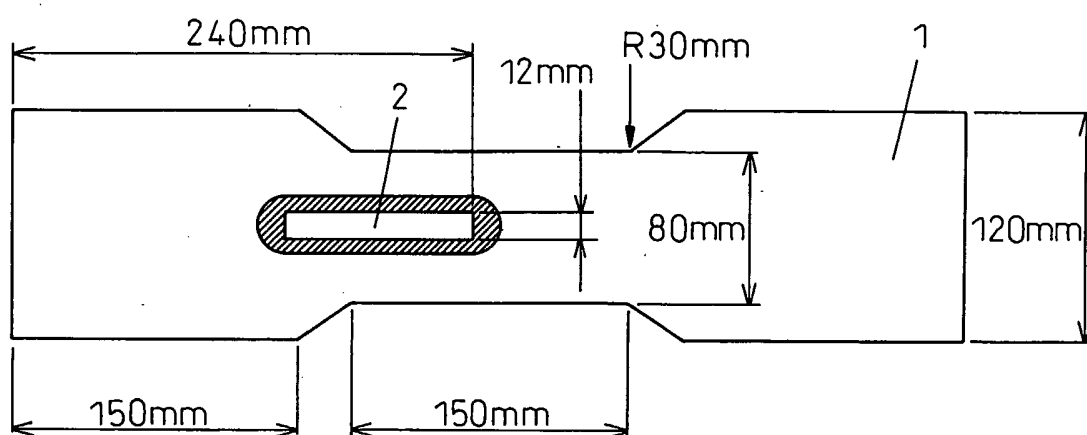


Fig.4(b)

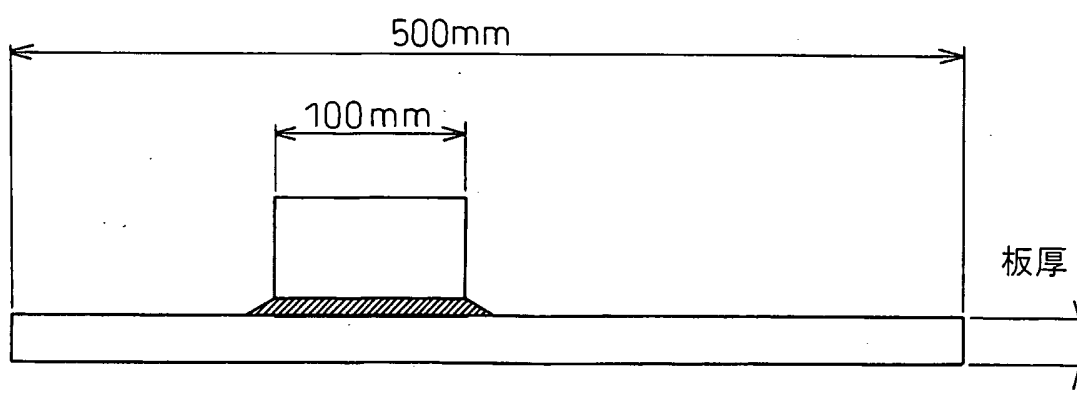


Fig. 5

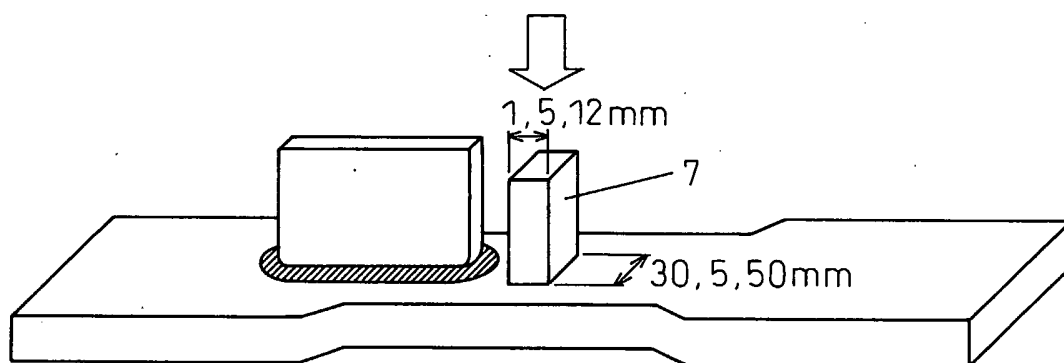


Fig. 6

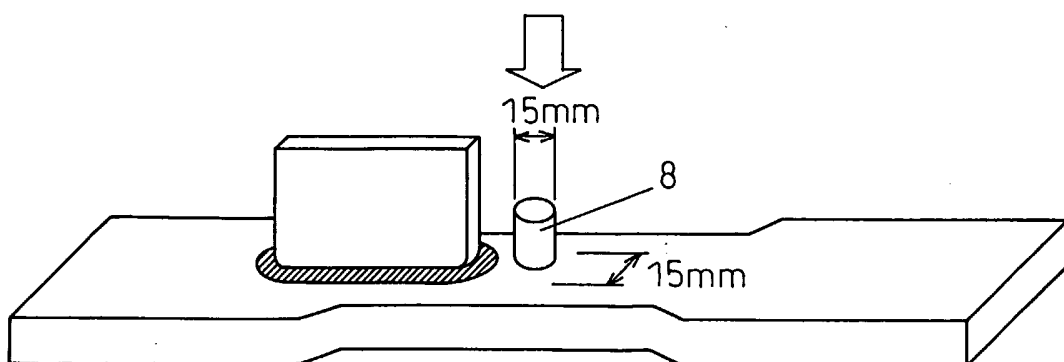


Fig. 7

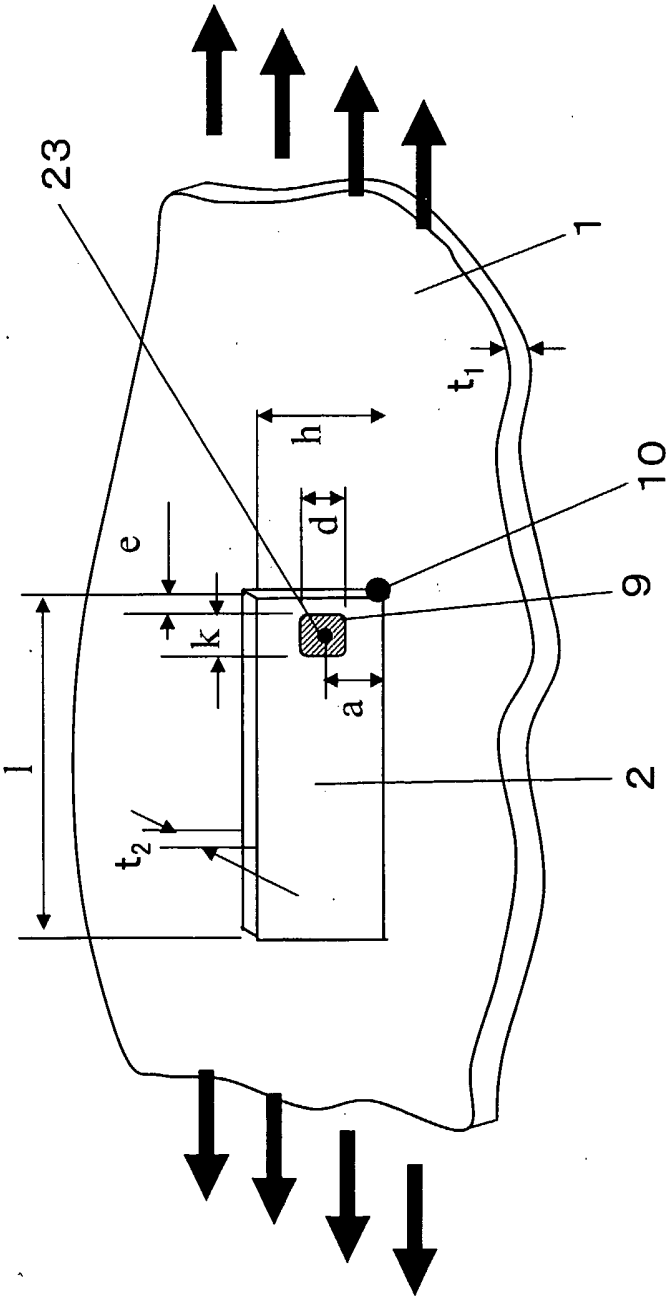


Fig. 8

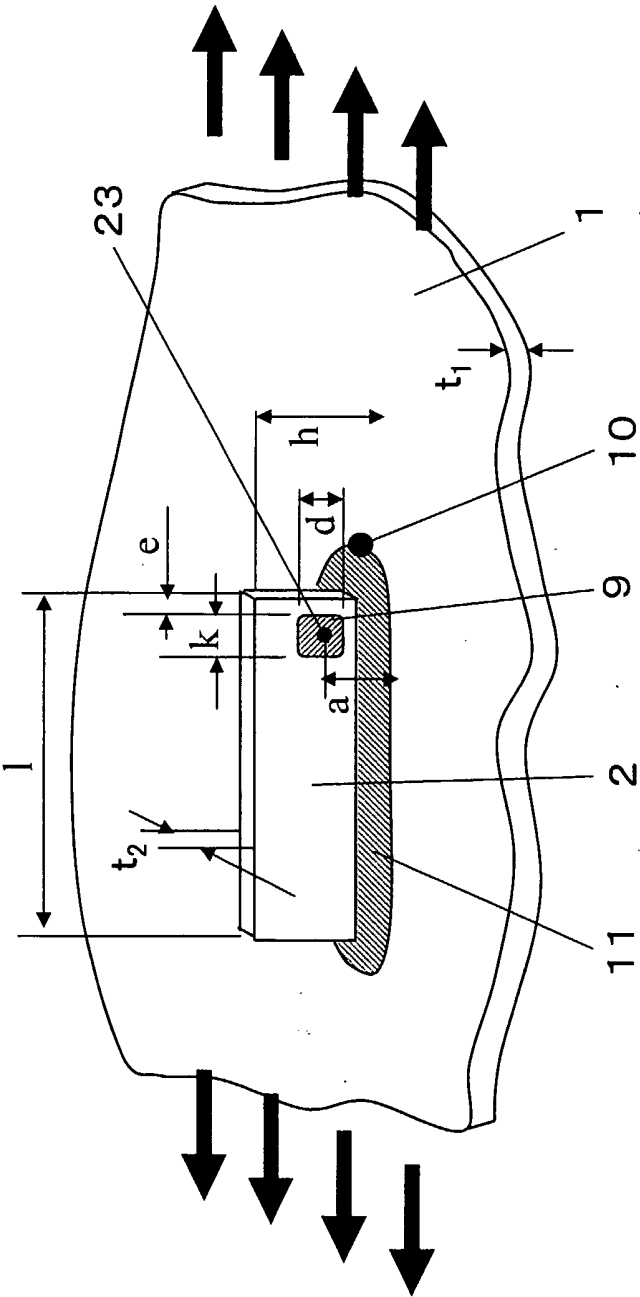


Fig.9

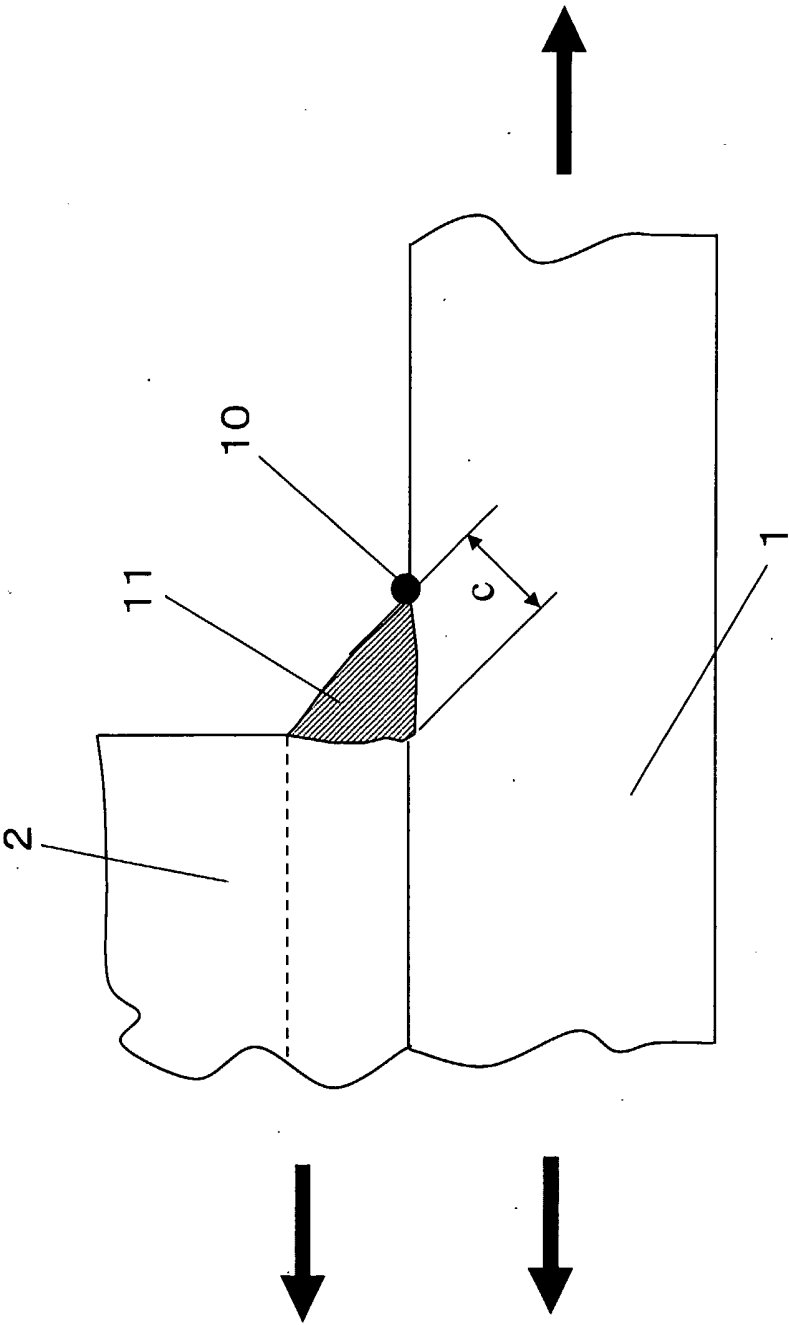


Fig.10

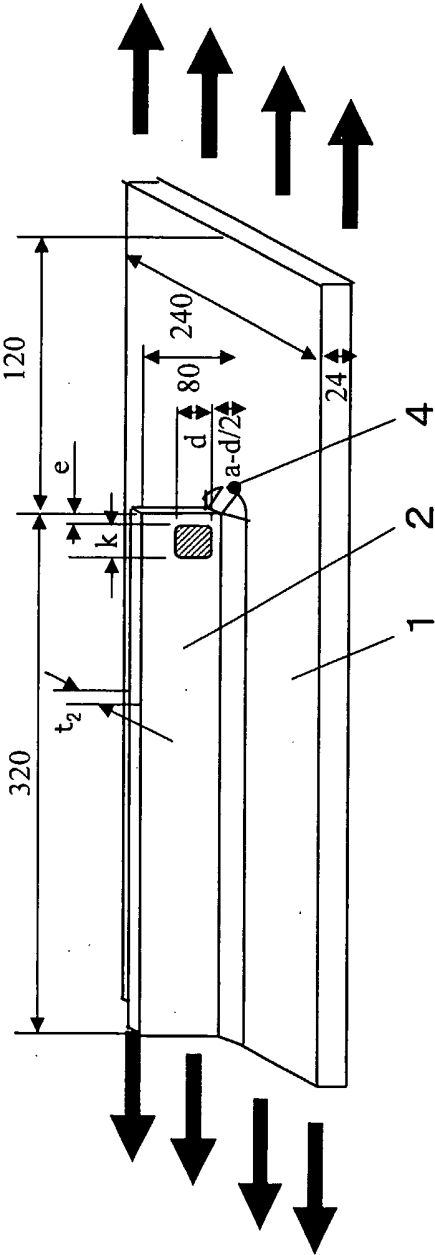


Fig.11

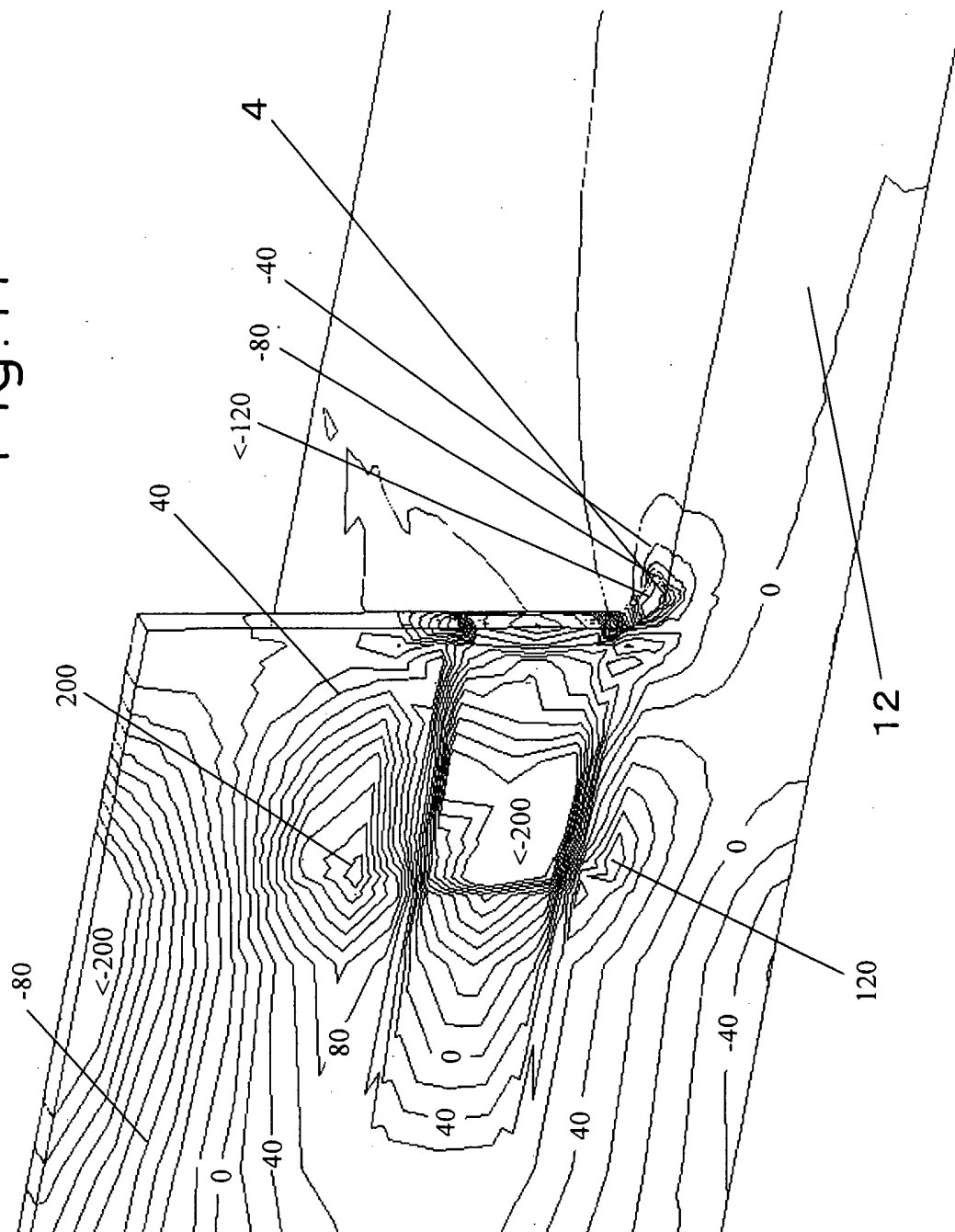


Fig.12

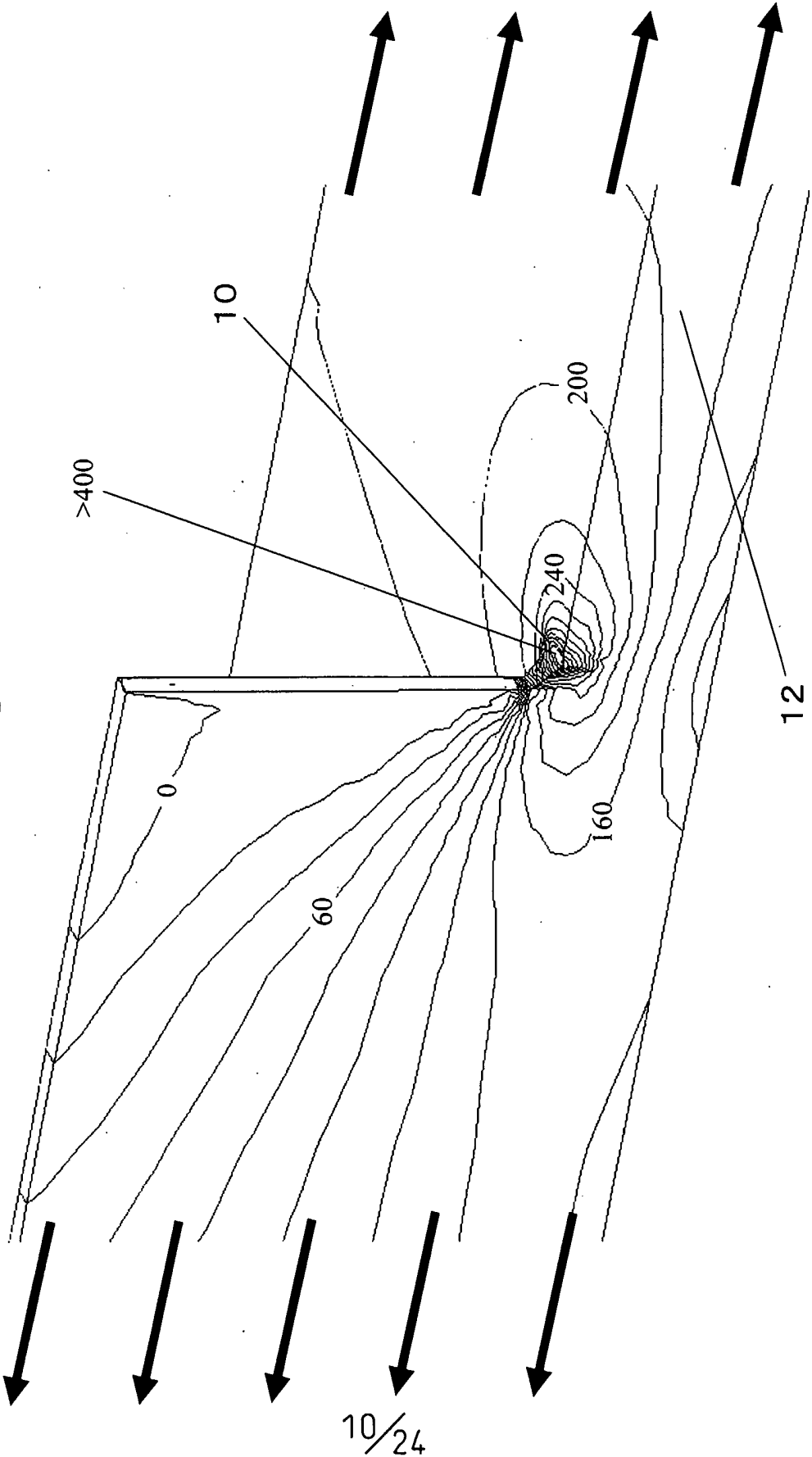


Fig.13

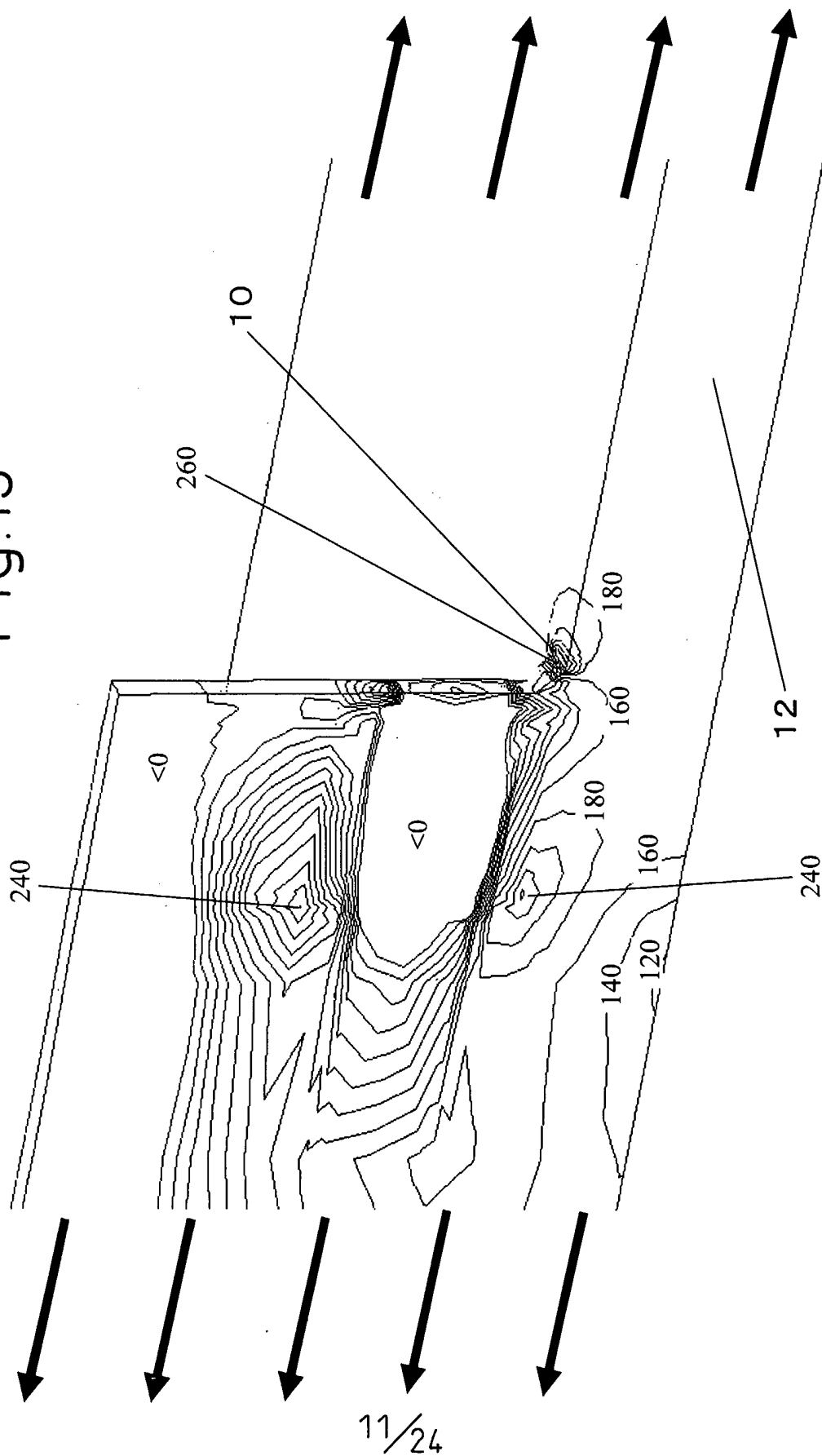


Fig.15

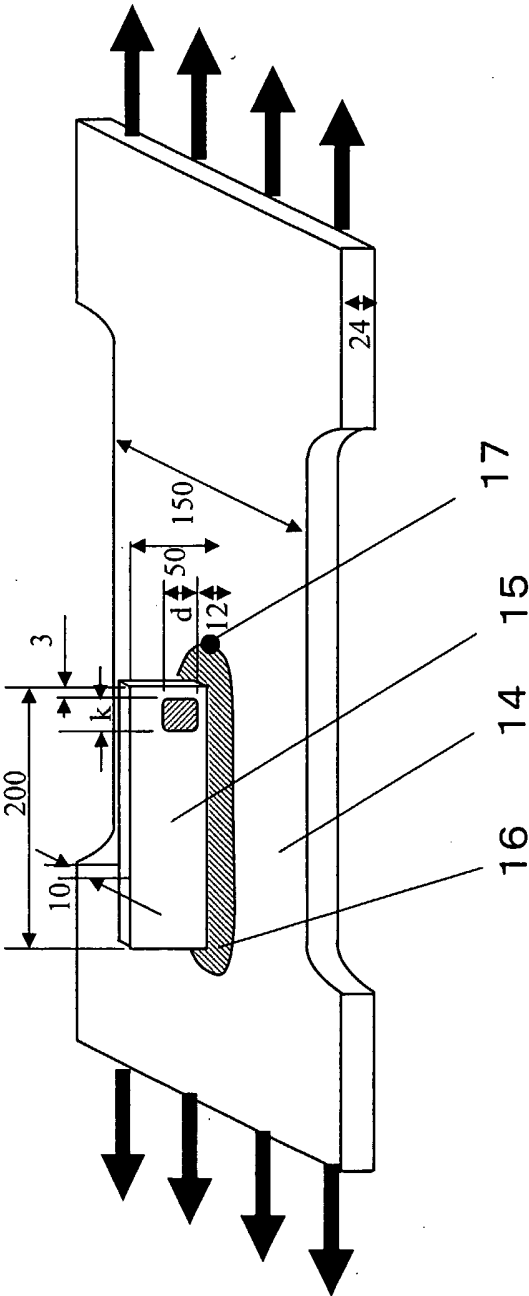


Fig.16

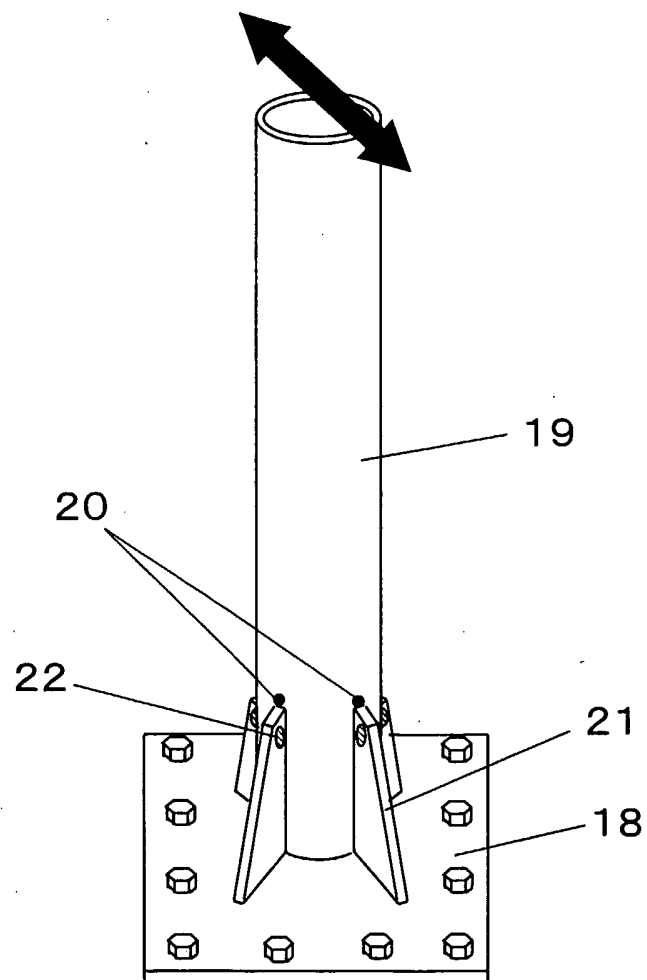


Fig.17

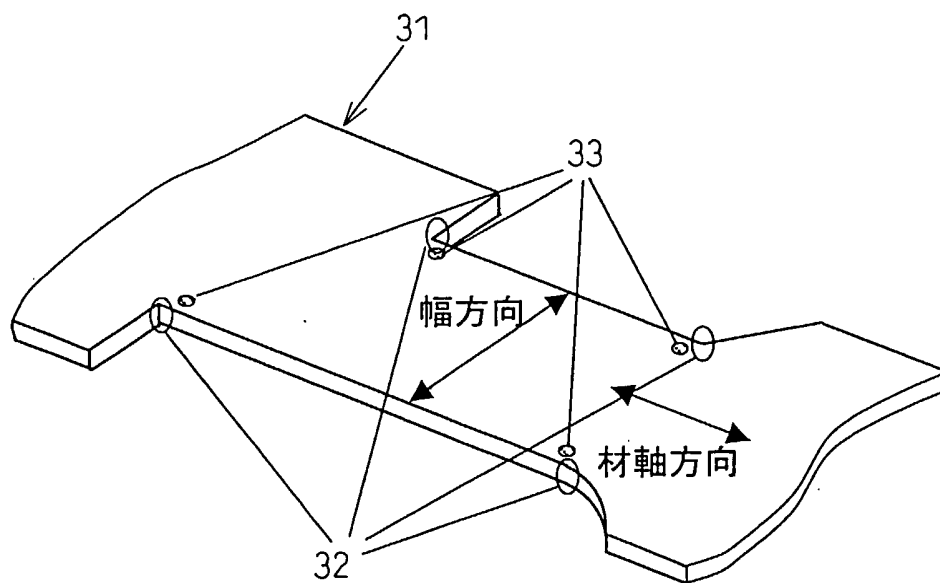


Fig.18

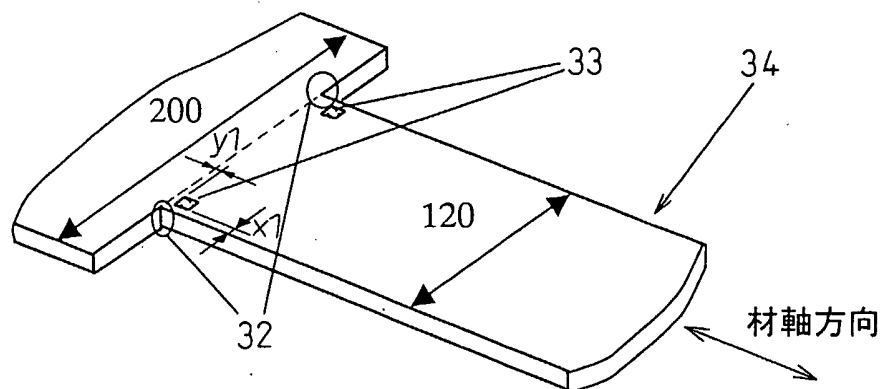


Fig.19

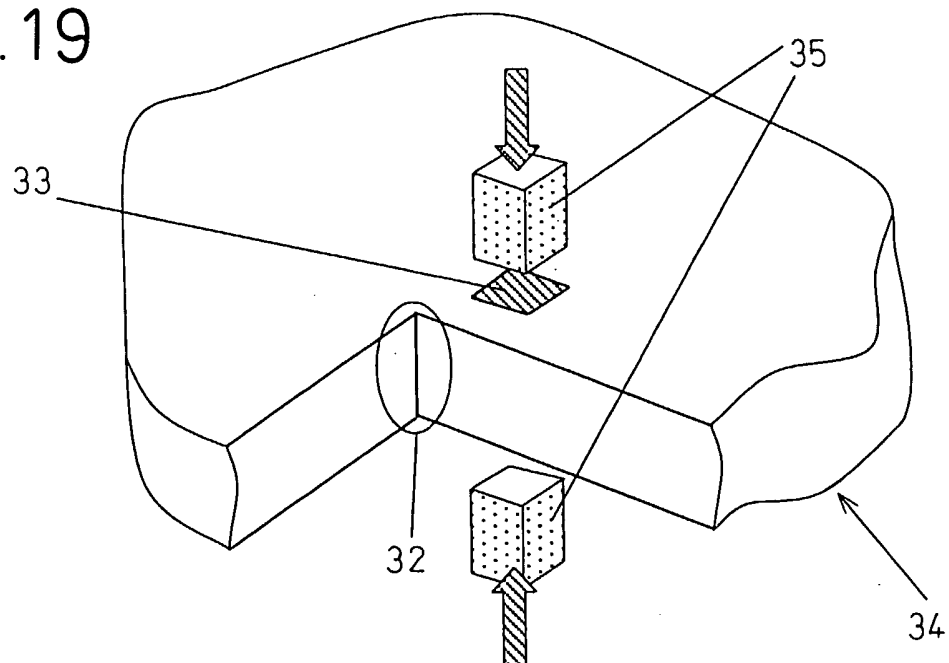


Fig.20

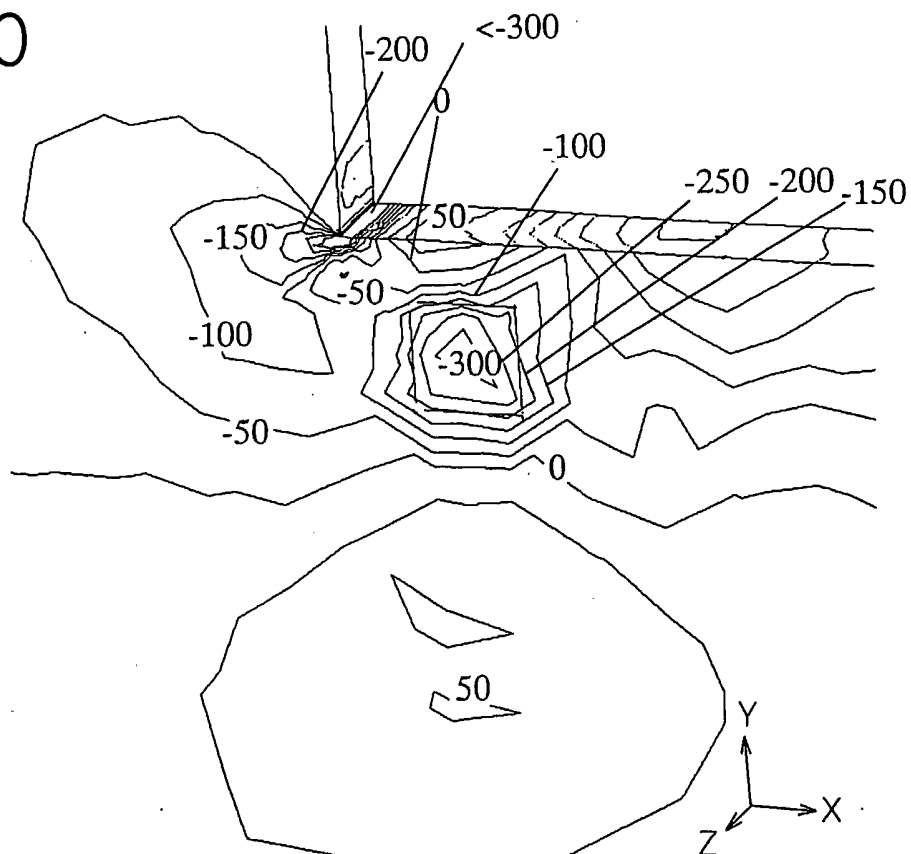


Fig.21

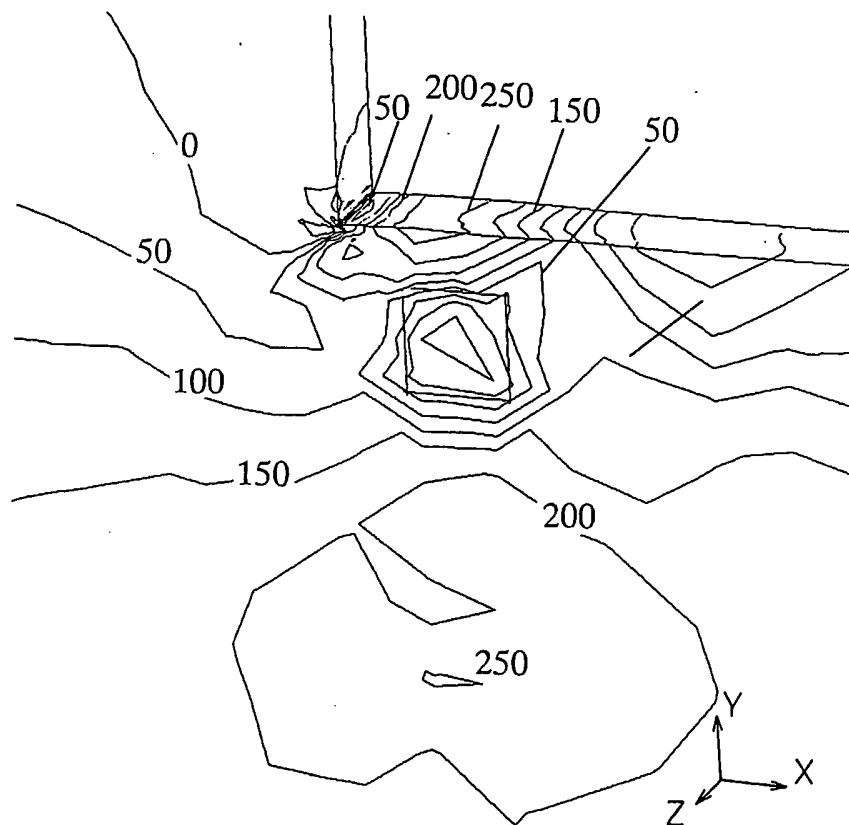


Fig. 22

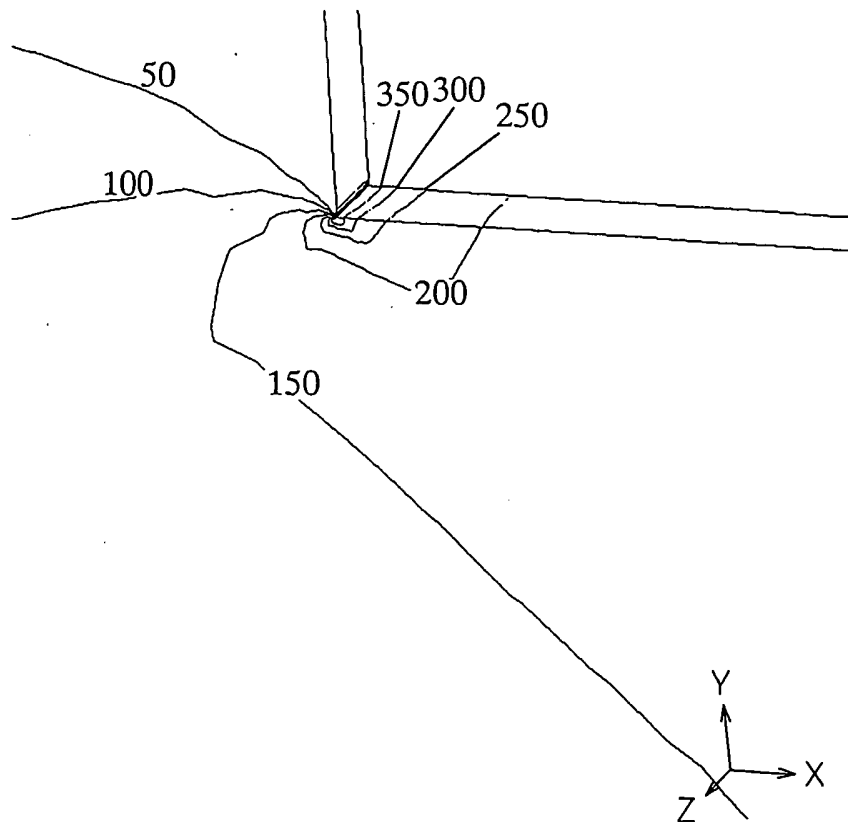


Fig.23

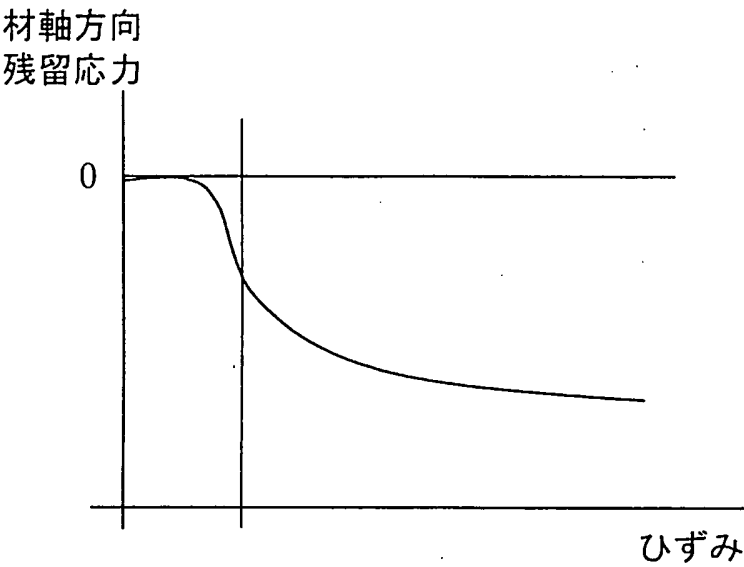


Fig.24

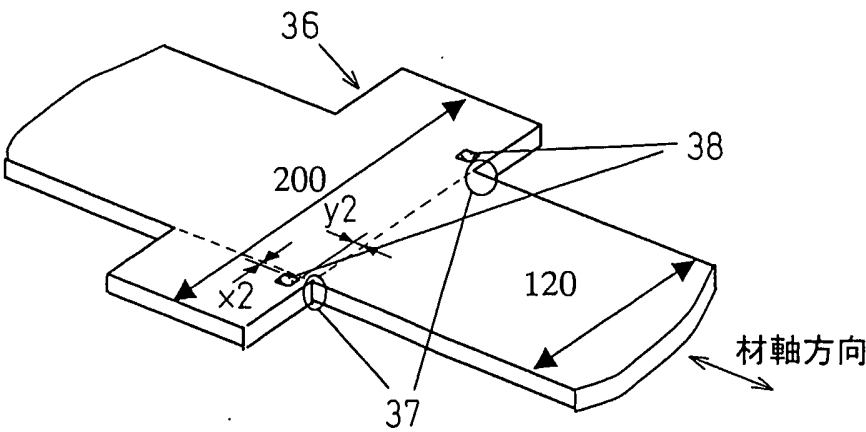


Fig.25

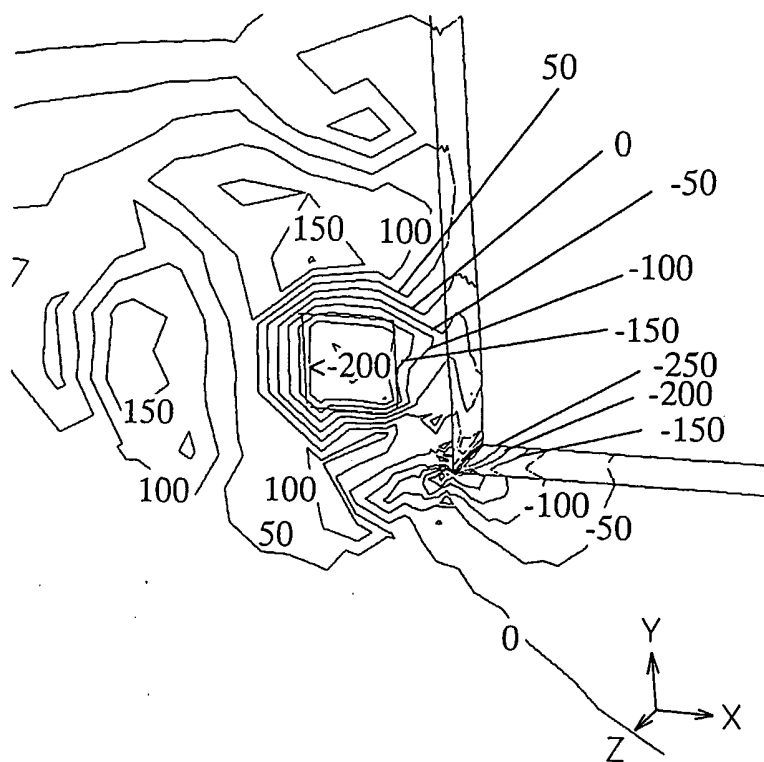


Fig. 26

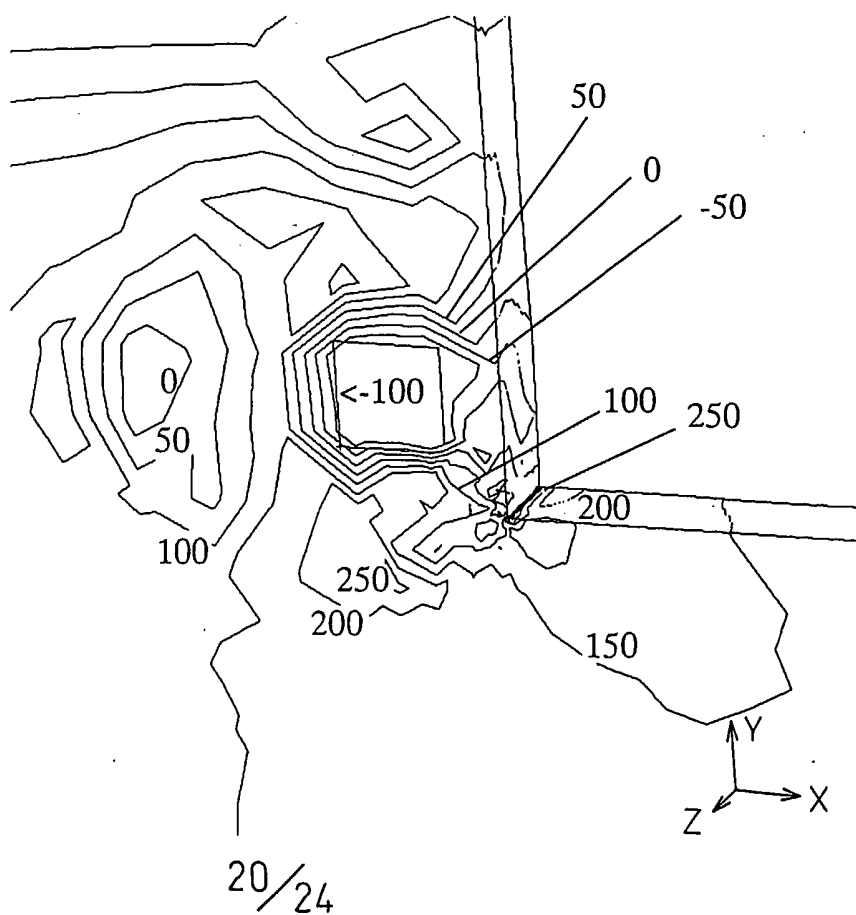


Fig. 27

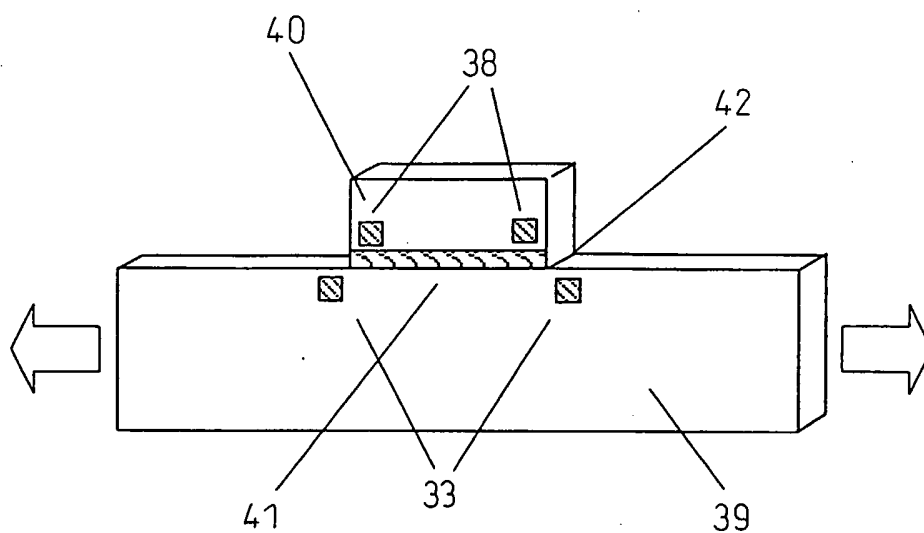


Fig. 28

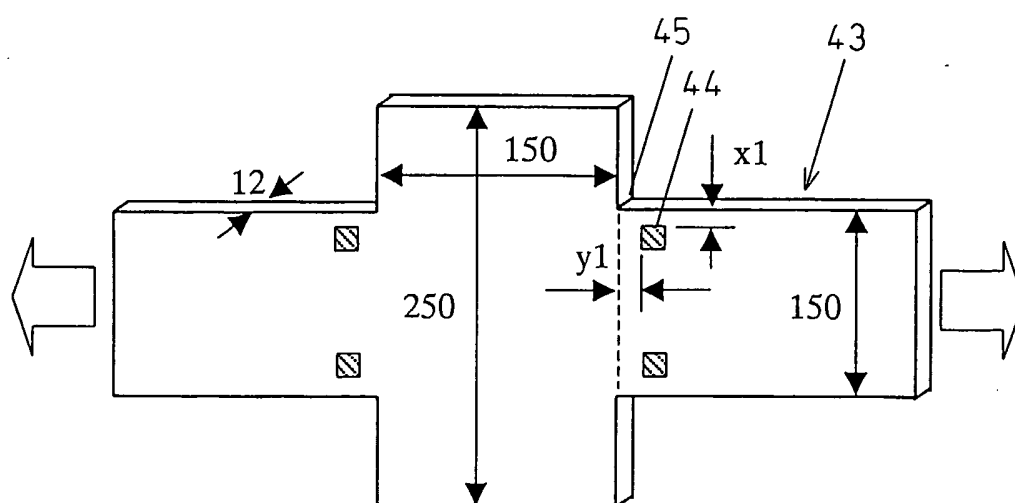


Fig. 29

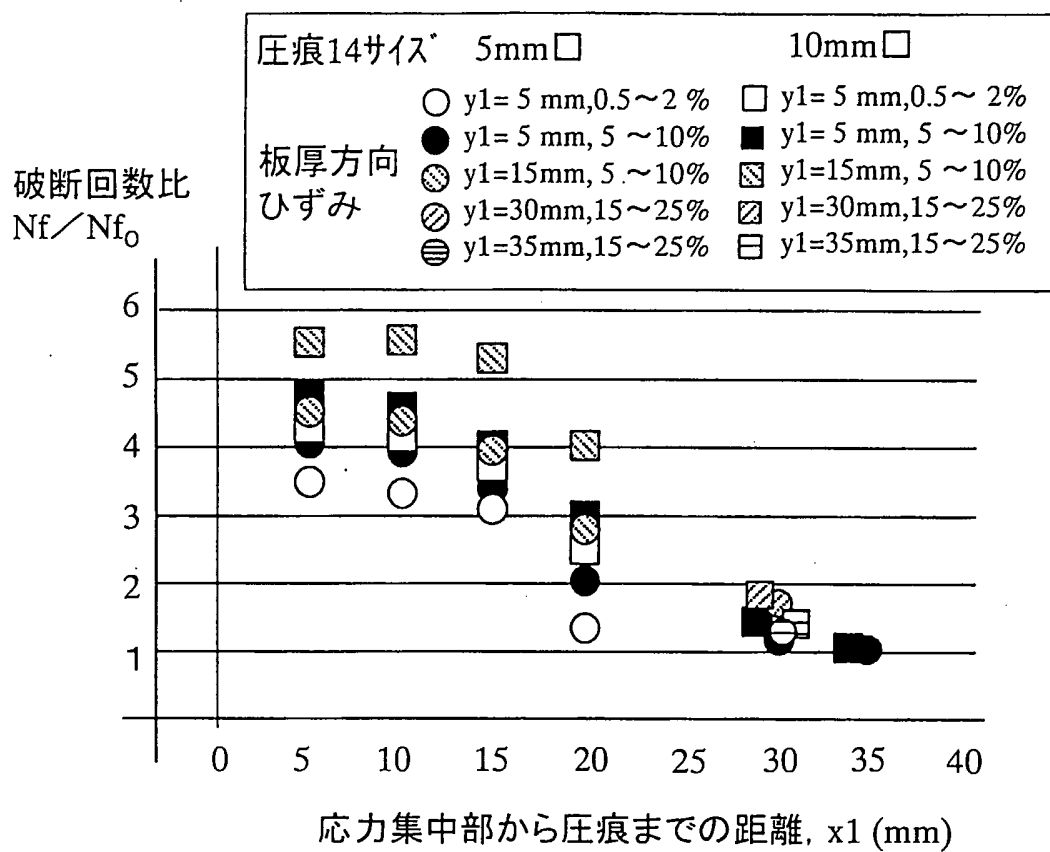


Fig. 30

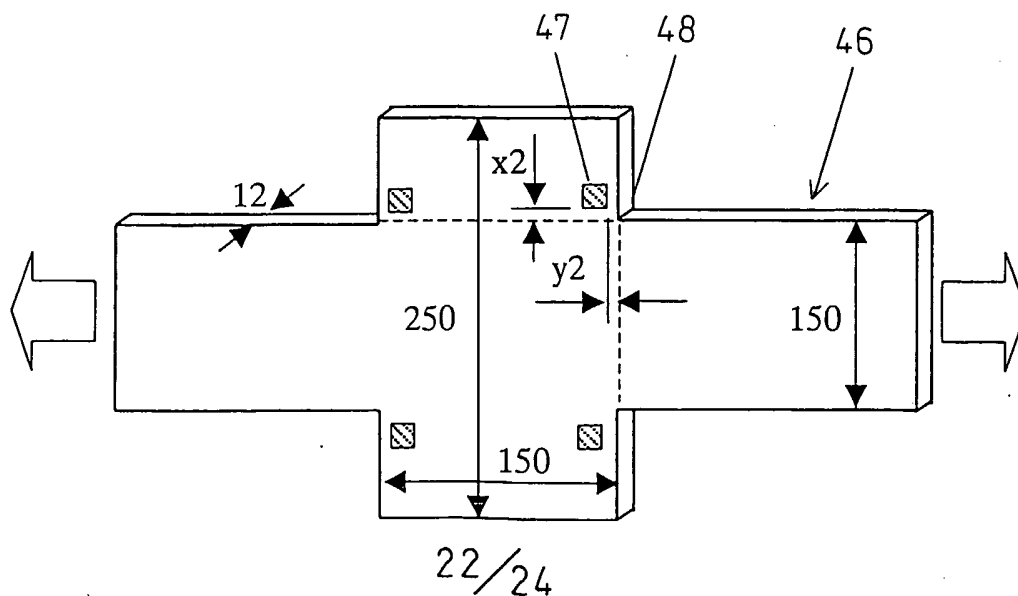


Fig.31

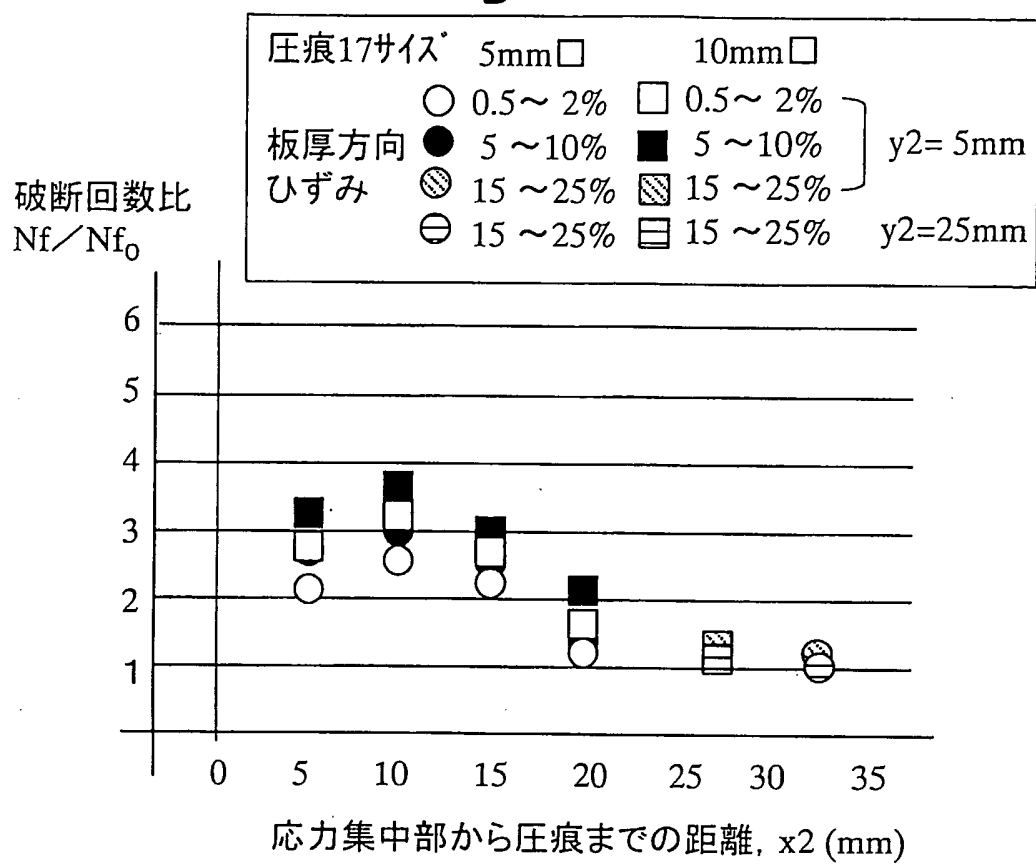


Fig.32

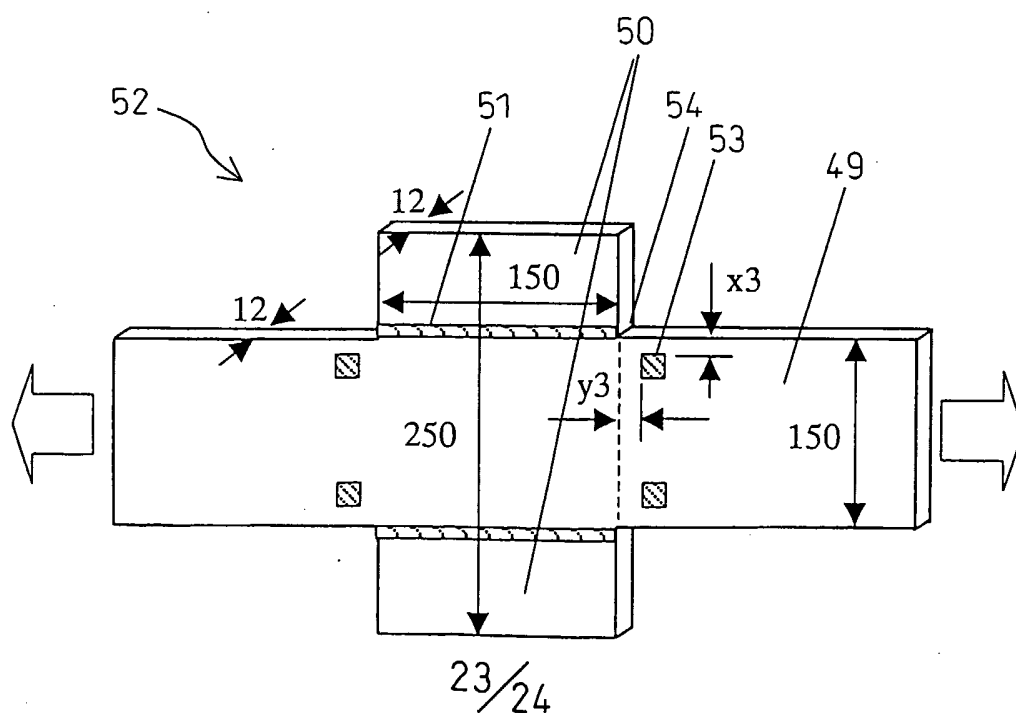


Fig. 33

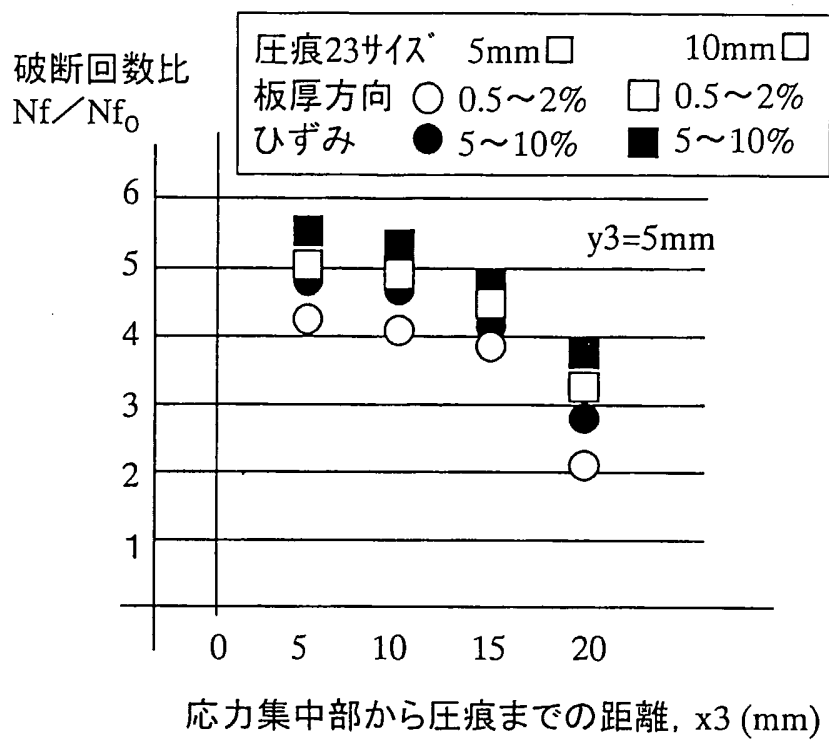
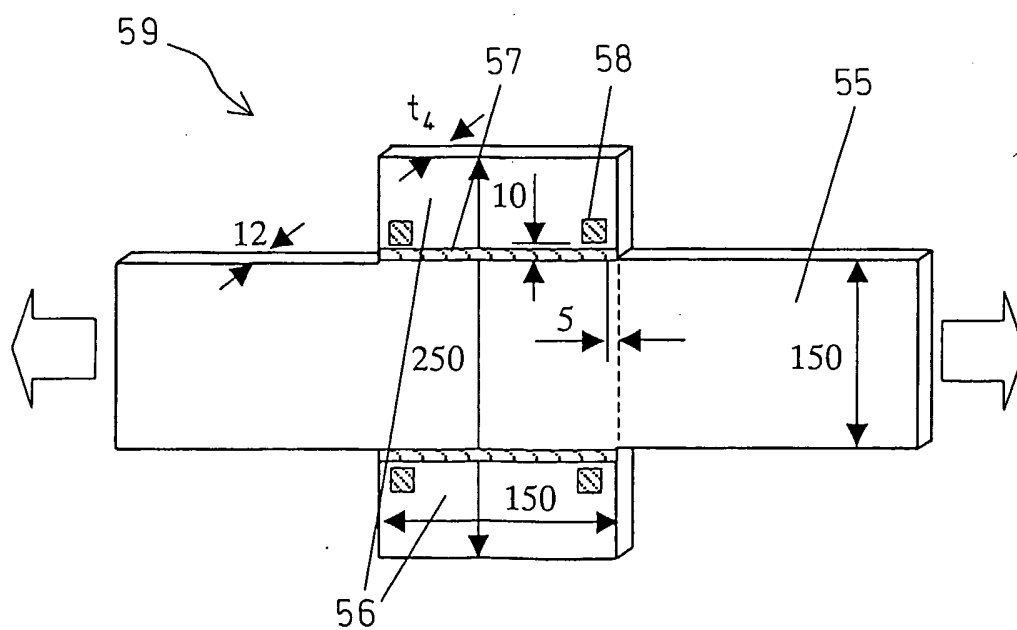


Fig. 34



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/307897

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K31/00(2006.01) i, B23K9/235(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B23K31/00, B23K9/235, B21C37/22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	JP 2005-329461 A (Nippon Steel Corp.), 02 December, 2005 (02.12.05), Full text (Family: none)	1-11
A	JP 7-100643 A (Nippon Steel Corp.), 18 April, 1995 (18.04.95), Full text (Family: none)	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19 July, 2006 (19.07.06)

Date of mailing of the international search report
25 July, 2006 (25.07.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. B23K31/00(2006.01)i, B23K9/235(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. B23K31/00, B23K9/235, B21C37/22

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 6 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P, A	JP 2005-329461 A (新日本製鐵株式会社) 2005. 12. 02, 全文 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 7-100643 A (新日本製鐵株式会社) 1995. 04. 18, 全文 (ファミリーなし)	1-11

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 9 . 0 7 . 2 0 0 6

国際調査報告の発送日

2 5 . 0 7 . 2 0 0 6

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

福島 和幸

3 P

9 3 4 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 6 4